CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLOGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

Uso de Hábitat de *Crotalus enyo* (Serpentes: Viperidae) en la región del Cabo, Baja California Sur, México.

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

p r e s e n t a

Rubén Alonso Carbajal Márquez

La Paz, B.C.S. Marzo de 2013

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 26 del mes de febrero del 2013, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Uso de Hábitat de *Crotalus enyo* (Serpentes: Viperidae) en la región del Cabo, Baja California Sur, México"

Presentada por el alumno:

Rubén Alonso Carbajal Márquez

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN

Ecología de Zonas Áridas

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Dr. Gustavo Arnaud Franco

Dr. Marcio Martins

M. en C. Gustavo E. Quintero-Díaz

DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL
Y
REVISOR DE LA TESIS

Dr. Gustavo Arnaud Franco

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marcio Martins

Departamento de Ecología, Instituto de Biociencias,

Universidad de Sao Paulo

CO-TUTOR

M. en C. Gustavo E. Quintero-Díaz

Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas

Universidad Autónoma de Aguascalientes

CO-TUTOR

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Gustavo Arnaud Franco

Dr. Marcio Martins

M. en C. Gustavo Quintero

SUPLENTE

Dra. Patricia Galina Tessaro

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

RESUMEN

México ocupa el segundo lugar en cuanto a número de reptiles con 830 especies. Dentro de este grupo de vertebrados se encuentran las serpientes pertenecientes a la sub-familia Crotalinae, donde se incluyen las víboras de cascabel (*Crotalus* y *Sistrurus*). México cuenta con 32 (88%) especies dentro del género *Crotalus*, de las 36 especies descritas hasta el momento, con su mayor diversidad en la altiplanicie mexicana y el eje neovolcánico, lo cual sugiere a esta región como el lugar donde se originó y diversificó dicho género. En el noroeste de México se distribuyen 15 especies de cascabel tanto en la Península de Baja California e islas en el Mar de Cortés y Pacífico Mexicano. Una de ellas es *Crotalus enyo*, que se distribuye en la mayor parte de la Península de Baja California, y se encuentra en la categoría de amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010. A pesar de esto, es poco lo que se conoce sobre la historia natural de ésta especie. Con el fin de determinar el uso de hábitat de *C. enyo* en la región del Cabo, el presente estudio tuvo como objetivos determinar la abundancia, el patrón de actividad durante el año y caracterizar los hábitats utilizados por *C. enyo.* Para ello entre 2010-2012 se realizaron muestreos diurnos y nocturnos a pie y transectos nocturnos en vehículo, en los sitios con distribución potencial y mayor número de registros históricos. Durante el estudio se observaron 21 ejemplares adultos, 16 de los cuales se encontraron atropellados. Se observó que *C. enyo* presenta un patrón de abundancia con un incremento en la estación de lluvias, con diferencia significativa entre estaciones. Es una especie principalmente nocturna, siendo las 20:04 la hora promedio de actividad. El mayor número de registros de la especie se obtuvieron entre los 400-499 msnm en la selva seca. En cuanto al uso de hábitat, a *C. enyo* se le encontró en mayor proporción en arbustos, seguido por el suelo desnudo, cobertura arbórea, materia vegetal en descomposición, herbáceas, suculentas, rocas y pendientes con 14.8 % de inclinación. No existe diferencia significativa en el uso de hábitat entre hembras y machos, entre sitios de captura (matorral – selva), ni entre ejemplares recién alimentados y no alimentados.La dieta de *C. enyo* es similar a la de otras víboras de cascabel. Los mamíferos comprenden el 86.66 % de la dieta, mientras que los reptiles el 13.33 %, no se encontraron otros taxones. La totalidad de los mamíferos corresponden a *Chaetodipus spinatus*, mientras que los reptiles son dos lagartijas, *Ctenosaura hemilopha* y *Sceloporus hunsakerii*, ambos nuevos registros en la dieta de *C. enyo*. No existe diferencia significativa en la dieta entre sexos, temporadas ni sitios de captura. Además no existe diferencia en la longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes que se alimentaron de mamíferos y reptiles. *Crotalus enyo* muestra usar en distinta proporción los recursos disponibles en el hábitat; son necesarios más estudios para comparar dicho uso entre ejemplares jóvenes y adultos.

PALABRAS CLAVE

Crotalus enyo, Uso de hábitat, región del Cabo

Vo.Bo. Dr. Gustavo Arnaud
Director de tesis

ABSTRACT

México ranks second in number of reptiles with 830 species. Within this group of vertebrates are snakes in the subfamily Crotalinae, which includes the rattlesnakes (*Crotalus* and *Sistrurus*). México has 32 (88 %) species within the genus *Crotalus*, of the 36 species described to date, with the highest diversity in the Mexican Plateau and the Mexican Volcanic Belt, suggesting this region as the place where it originated and diversified that genus. In northwestern México there are 15 species of rattlesnakes distributed in both Baja California and islands in the Pacific and Sea of Cortes. One of this species is *Crotalus enyo*, distributed in the majority of the Baja California Peninsula, which is listed as Threatened in the NOM-059-SEMARNAT-2010.Little is known about the natural history of this species.To determine habitat use of *C. enyo* in the Cape region, the present study aimed to determine the abundance, the pattern of activity during the year and characterize habitats used by *C. enyo*. We sampled between 2010-2012 by pedestrian transect during day and night, and in the night with road transects at sites with potential distribution and abundant number of historical records.During the study, we found 21 adults, 16 of whom were dead hit by a car. *Crotalus enyo* presents a pattern of abundance with an increase in the rainy season, with significant difference between seasons. It is a primarily nocturnal species, with 20:04 h average time of activity. We did not saw copulations, gravid females, juveniles or neonates. The largest numbers of records for the species were obtained between 400-499 m in dry forest. Regarding habitat use, *C. enyo* used in greater proportion shrubs, followed by bare soil, tree cover, decaying vegetation, grasses, succulents, rocks and slopes with 14.8 % slope. There was no significant difference in habitat use between males and females, capture sites (scrub – jungle), or between recently fed and not fed.The diet of *C. enyo* is similar to that of other rattlesnakes; samples were detected in 15 of 21 specimens. Mammals comprised 86.66 % of the diet, while the remaining 13.33 % were reptiles, and no other taxa. All the mammal prey correspond to *Chaetodipus spinatus*, while reptiles were two lizards, *Ctenosaura hemilopha* and *Sceloporus hunsakerii*, both new records in the diet of *C. enyo*.There's no significant difference in diet between sexes, seasons and capture sites. Furthermore there was no difference in SVL (LHC) of snakes that feed on mammals and reptiles.*Crotalus enyo* shows different proportions using available resources in the habitat, further studies are warranted to compare the habitat use between juveniles and adults. *Crotalus enyo* is listed as threatened by the NOM-059-SEMARNAT-2010, based on the difficulty of find specimens in the field, and the high number of individuals who die hit by car every year, we suggest maintain in this category

KEY WORDS

Crotalus enyo, Habitat Use, Cabo region

DEDICATORIA

A mi Madre

A mis Hermanos

A mi Padre

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), por todas las facilidades brindadas durante mis estudios e investigación, por el excelente trato recibido por el personal docente y administrativo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca No. 243628, gracias a la cual pude realizar mis estudios y estancia en esta maestría.

A mi director de tesis el Dr. Gustavo Arnaud,por darme la oportunidad de seguir trabajando con los animales que me apasionan, por transmitir sus conocimientos y experiencia, por su entusiasmo y buena disposición durante la investigación y fuera de ella; por escucharme, por todos sus consejos y brindarme su amistad.

Al Dr. Marcio Martins por aceptar ser parte de éste comité, por enriquecer ésta tesis, por acompañarme durante varios recorridos y compartir su experiencia en el trabajo de campo, por su buen humor y amistad.

Al M. en C. Gustavo E. Quintero-Díaz por aceptar ser parte de éste comité, por todas sus observaciones para mejorar ésta tesis, por sus consejos, su amistad, y por ser parte fundamental de mi formación como herpetólogo.

A todas las personas que participaron en el trabajo de campo: al M. en C. Jorge Valdez Villavicencio, al Biól. Oscar Cruz, al M. en C. Miguel Matus Hernández, al Biól. Jesús M. Rodríguez Canseco y al M. en C. Emiliano Méndez. Además por ser excelentes amigos.

A los técnicos del laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR: al técnico Franco Cota, al técnico Abelino Cota y al M. en C. Israel Guerrero por su valiosa ayuda en campo y en el trabajo de laboratorio, además de su buen humor. Al Dr. Reymundo Domínguez Cadena por su ayuda en la identificación de plantas.

A la Dra. Patricia Galina por permitirme el acceso a la Colección Herpetológica del CIBNOR, así como por invitarme a sus muestreos,por colaborar y por su calidad humana.

Al Biól. José Carlos Arenas Monroy por su ayuda en la elaboración de mapas.

A todos mis amigos y compañeros en la Paz: Santiago Valdez Peralta, la M. en C. Anny Peralta García, la M. en C. Magaly Gómez Valdez, la M. en C. Laura Elizabeth Ibarra García, a Viviana Araya,el M. en C. Jose Quiros Orlich, el M. en C. Tonatiuh Chávez Sánchez, M. en C. Milton Spanopoulos Zarco, M. en C. Adrián Lozano, a Rodolfo Carmona y al M. en C. Christian Estrada.

A la M. en C. Zaira Y. González Saucedo por creer.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Las serpientes de cascabel en el Noroeste de México 1

2. ANTECEDENTES 4
2.1. La Cascabel de Baja California *Crotalus enyo* (Cope, 1861) 4
2.2. Uso de hábitat 10

3. JUSTIFICACIÓN 15
4. OBJETIVOS 16
5. HIPÓTESIS 16

6. ÁREA DE ESTUDIO 17
6.1. Ubicación 17
6.2. Tipos de Suelo 18
6.3. Geología 19
6.4. Hidrología 20
6.5. Clima 21
6.6. Vegetación 21
6.7. Fauna 23

7. MÉTODOS 25
7.1. Sitios de Muestreo 25
7.2. Obtención de datos 26
7.3. Patrón de Actividad 28
7.4. Abundancia Relativa de Serpientes 28
7.4.1. Abundancia Relativa Mensual (ARM) 29
7.4.2. ARM y Clima 29
7.4.3. Abundancia Mensual Esperada 30
7.4.4. Abundancia Relativa Estacional (ARE) 31
7.5. Uso de Hábitat 32
7.5.1. Microhábitat 32
7.5.2 Macrohábitat 34
7.5.2.1. Índice de Valor de Importancia (IVI) 34
7.5.2.2. Índices de Riqueza, Diversidad y Similitud 35
7.6. Análisis Estadístico 35
7.6.1. Prueba preliminar 35
7.6.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) 36
7.6.3. Análisis de Funciones Discriminantes (AFD) 36
7.7. Dieta 37
7.7.1. Obtención de muestras 37
7.7.2. Periodo de Forrajeo 38
7.7.3. Análisis de contenidos y excretas 38
7.7.4. Análisis de datos 39

8. RESULTADOS 40
8.1. Datos climáticos 40
8.1.1. Temperatura 40
8.1.2. Precipitación 42
8.2. Abundancia Relativa de Serpientes 43
8.2.1. Abundancia Relativa Mensual (ARM) 43
8.2.2. ARM y Clima 46
8.2.3. Abundancia Mensual Esperada 47
8.2.4. Abundancia Relativa Estacional (ARE) 48
8.3. Patrón de Actividad 50
8.4. Uso de hábitat 51
8.4.1. Microhábitat 51
8.4.2. Análisis Estadístico 57
8.4.2.1. Prueba preliminar 57
8.4.2.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) 57
8.4.2.3. Análisis de Funciones Discriminantes (AFD) 59
8.4.3. Macrohábitat 66
8.5. Dieta 70
8.5.1 Contenidos y Excretas 70
8.5.2 Comparación entre grupos 72

9. DISCUSIÓN 75
9.1. Abundancia de *C. enyo* 75
9.2. Patrón de Actividad 78
9.3. Uso de Hábitat 80
9.4. Dieta 86

10. CONCLUSIÓN 88
11. RECOMENDACIONES 91
12. LITERATURA CITADA 92
13. APÉNDICES 103
13.1. Apéndice I.Abundancia de *Crotalus ruber* y *C. mitchellii*. 103
13.2. Apéndice II.Sexo, longitud hocico-cloaca, longitud cloaca-cola, números de colecta y colección de los 21 ejemplares de *C. enyo* encontrados en el estudio. 116
13.3. Apéndice III. Ejemplar macho de *C. enyo* encontrado en selva baja el 07 de octubre de 2011. 117
13.4. Apéndice IV. Ejemplar macho de *C. enyo* encontrado atropellado en el transecto de carretera. 118

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Figura 1. Mapa de distribución potencial de *C. enyo* (modificado de: Estrada-Hernández, 2010). 25

Fig. 2. Temperatura máxima promedio mensual de todas las estaciones meteorológicas colindantes al área de estudio durante los años 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012). 41

Fig. 3. Temperatura mínima promedio mensual de todas las estaciones meteorológicas colindantes al área de estudio durante los años 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012). 42

Fig. 4. Precipitación total mensual registrada de todas las estaciones meteorológicas en el área de estudio durante 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012). 43

Fig. 5. ARM para el ensamble de serpientes encontradas en caminatas nocturnas en el área de estudio durante julio 2010 - julio 2012. 44

Fig. 6. ARM de *Crotalus* sp. encontradas en transecto de carretera en el área de estudio durante agosto 2011-julio 2012. 45

Fig. 7. Mapa donde se observan los ejemplares de *C. enyo* (puntos negros) encontrados en caminatas, carretera, ocasionales y el transecto de carretera (en rojo). 46

Fig. 8. Número de serpientes *C. enyo* observadas y esperadas en transecto de carretera. Se observa una diferencia significativa en los meses de agosto, septiembre y octubre. 48

Fig. 9. Abundancia relativa estacional de *C. enyo* encontradas en caminatas nocturnas. 49

Fig. 10. Abundancia relativa estacional de *C. enyo* encontradas en el transecto de carretera por estación. 50

Fig. 11. Promedios de las variables que se presentaron en la región del Cabo, donde se encontraron individuos machos y hembras de *C enyo*. 53

Fig. 12. Promedios de las variables que se presentaronen el matorral de la Paz y en la selva baja en la región del Cabo, donde se encontraron individuos de *C. enyo*. 55

Fig. 13. Promedios de las variables que se encontraron en áreas con ejemplares con y sin contenidos estomacales-excretas en la región del Cabo. 56

Fig. 14. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Hembra vs Macho. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Hembras en gris y Machos en negro). 60

Fig. 15. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Matorral vs Selva. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Matorral en gris y Selva en negro). 63

Fig. 16. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Con vs Sin. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Sin en gris y Con en negro). 65

Fig. 17. Contenidos y excretas agrupados por taxón y estación. 71

Fig. 18. Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes que se alimentan de lagartijas y ratones. 74

Fig. 19. Abundancia relativa mensual de *C. ruber* y *C. mitchellii* obtenida en las caminatas realizadas entre 2010-2012. 103

Fig. 20. Abundancia relativa mensual de *C. ruber* y *C. mitchellii* obtenida en el transecto de carretera realizado entre 2011-2012. 104

Fig. 21. Mapa de *C. ruber* (puntos negros) encontradas en caminatas y transecto de carretera (línea roja). 105

Fig. 22. Mapa de *C. mitchellii* (puntos negros) encontrados en caminatas y transecto de carretera (en rojo). 105

Fig. 23. Número de serpientes *C. ruber* observadas (SO) y esperadas (SE) en búsquedas nocturnas a pie. Los valores observados no fueron significativamente mayores a los esperados. Se aprecia un pico de mayor abundancia en los meses más cálidos y con mayor precipitación. 107

Fig. 24. Número de serpientes *C. mitchellii* observadas (SO) y esperadas (SE) en búsquedas nocturnas a pie. Los valores observados no fueron significativamente mayores a los esperados. Se aprecia un pico de mayor abundancia en los meses de septiembre a noviembre. 108

Fig. 25. Número de serpientes *C. ruber* observadas y esperadas en transecto de carretera. Se observa una diferencia significativa en los meses de septiembre y octubre. 109

Fig. 26. Número de serpientes *C. mitchellii* observadas (SO) y esperadas (SE) en transecto de carretera. Se observa una diferencia ligeramente significativa en los meses de septiembre y octubre. 110

Fig. 27. Abundancia relativa estacional de *C. ruber* y *C. mitchellii* encontradas en búsquedas nocturnas a pie. 111

Fig. 28. Abundancia relativa estacional de *C. ruber* y *C. mitchellii* encontradas en el transecto de carretera por estación. 112

LISTA DE CUADROS

Cuadro I. Variables utilizadas para la caracterización del microhábitat. 33

Cuadro II. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. enyo* en carretera durante agosto 2011-julio 2012. 47

Cuadro III. Frecuencia relativa y número de individuos de *C. enyo* por intervalo de altitud. 51

Cuadro IV. Promedios de las variables del hábitat presentadas en la región del Cabo donde se encontraron individuos de *C. enyo*. 52

Cuadro V. Promedios de las variables del hábitat que se presentaron en la región del Cabo donde se encontraron machos y hembras de *C enyo*. 53

Cuadro VI. Promedios de las variables del hábitat presentes en el matorral de la Paz (MP) y la selva baja en la región del Cabo, donde se encontraron individuos de *C. enyo*. 54

Cuadro VII. Promedios de las variables del hábitat en donde se encontraron individuos de *C. enyo* con y sin contenidos estomacales-excretas en la región del Cabo. 56

Cuadro VIII. % de Varianza y Eigenvalor de cada factor del uso de hábitat de *C. enyo*.58

Cuadro IX. Carga de cada factor en el Análisis de Componentes Principales del uso de hábitat de *C. enyo.* 58

Cuadro X. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre sexos (H-M). 59

Cuadro XI. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por sexo (H-M). (* variable significativa, $p \leq 0.05$). 59

Cuadro XII. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre hembras y machos. 60

Cuadro XIII. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sexos (H-M). (* mayor correlación) 61

Cuadro XIV. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre sitio de captura (MP-Selva). 61

Cuadro XV. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por sitio de captura (MP-Selva). (* variable significativa, $p \leq 0.05$) 62

Cuadro XVI. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre sitio de captura (matorral de la Paz y selva). 62

Cuadro XVII. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sitio de captura (matorral-selva). (* mayor correlación) 63

Cuadro XVIII. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre individuos con o sin contenido-excreta. 64

Cuadro XIX. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por contenido-excreta (con-sin). (*variable significativa, $p \leq 0.05$) 64

Cuadro XX. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre individuos clasificados en base a contenido - excreta (con - sin). 65

Cuadro XXI. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por contenido - excreta (Con - Sin). (* mayor correlación $r \geq 0.72$) 66

Cuadro XXII. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en el matorral de la Paz. 67

Cuadro XXIII. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en la selva baja en las serranías de San Antonio. 68

Cuadro XXIV. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en el matorral xerófilo de San Juan de los Planes. 69

Cuadro XXV. Índices de riqueza, diversidad, altura y cobertura promedio por tipo de hábitat. 69

Cuadro XXVI. Coeficiente de Sorensen entre los tres tipos de hábitat. 70

Cuadro XXVII. Frecuencia de ocurrencia (FO) y porcentaje de aparición (PA) de los taxones que comprenden la dieta de *C. enyo*. (*dos de las muestras con dos taxones). 72

Cuadro XXVIII. Frecuencia de aparición del tipo de presa en contenidos y excretas al clasificar las serpientes por sexo, temporada y hábitat. Se muestran valores de Chi – cuadrada (X^2) su nivel de significancia (*P*). (n = número de individuos, L = lagartijas, R = ratón) 73

Cuadro XXVIX. Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico – cloaca (mm) de las serpientes que se alimentan de lagartijas y ratones.73

Cuadro XXX. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. ruber* en carretera durante agosto 2011-julio 2012. 109

Cuadro XXXI. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. mitchellii* en carretera durante agosto 2011-julio 2012. 110

1. INTRODUCCIÓN

1.1.Las serpientes de cascabel en el Noroeste de México

La biodiversidad de México es reconocida por el número de vertebrados y plantas que habitan su territorio, razón por la cual se le considera un país megadiverso (Challenger y Soberón 2008; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen 2010). Para el caso de anfibios y reptiles, es considerado como uno de los países más diversos, con aproximadamente el 10% de la herpetofauna mundial y más del 60% de las especies son endémicas. A pesar de contar con ésta gran diversidad, es poco el conocimiento que se tiene sobre la biología de la mayoría de las especies (Ramírez-Bautista *et al.* 2009).

México ocupa el segundo lugar en cuanto a número de reptiles con 830 especies (Wilson y Johnson 2010). Dentro de este grupo de vertebrados se encuentran las serpientes pertenecientes a la sub-familia Crotalinae, donde se incluyen las serpientes de foseta (Pitvipers). La característica que las distingue de las demás serpientes pertenecientes a la familia Viperidae, es la presencia de un par de fosetas a cada lado de la cabeza, situadas entre la fosa nasal y el ojo, que son termosensibles, su función es percibir y concentrar los estímulos del calor para traducirlos en información semejante a imágenes para la localizar a sus presas, así como, para encontrar mejores lugares para termoregular e hibernar. Pertenecientes al grupo de serpientes de foseta tenemos al género *Crotalus*, que junto al género *Sistrurus*, se caracterizan por poseer al final de la cola una serie de escamas modificadas que dan origen a un cascabel (Greene 1997; Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz

2005). México cuenta con 32 (88%) especies de cascabel de las 36 especies descritas hasta el momento, con su mayor diversidad en la altiplanicie y la faja volcánica transmexicana, lo cual sugiere a esta región como el lugar donde se originó y diversificó dicho género (Place y Abramson 2004; Beaman y Hayes 2008; Anderson y Greenbaum 2012).

En el noroeste de México se distribuyen 15 especies de cascabel tanto en la Península de Baja California e islas en el Mar de Cortés y Pacífico Mexicano (Grismer 2002). En el Diario Oficial de la Federación (2010), se presenta la lista actualizada de la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2010, en donde se incluyen 24 víboras de cascabel mexicanas de las cuales 11 se encuentran en el noroeste del país, *Crotalus catalinensis*, *C. enyo* y *C. exsul* aparecen en la categoría de amenazadas, mientras que *C. atrox*, *C. cerastes*, *C. mitchellii*, *C. molossus*, *C. ruber*, *C. tigris*, *C. tortugensis* y *C. viridis* están sujetas a protección especial y *C. angelensis*, *C. caliginis*, *C. estebanensis*, *C. lorenzoensis* y *C. muertensis* no fueron incluidas a pesar de ser endémicas de islas. En recientes estudios no se reconoce a *C. angelensis, C. caliginis, C. estebanensis, C. exsul, C. lorenzoensis, C. muertensis y C. tortugensis* como especies (Beaman y Hayes 2008; Anderson y Greenbaum 2012).

Las serpientes son uno de los componentes más estables de las comunidades biológicas, sin embargo, cuando se comparan con otros vertebrados, hay pocos estudios que aborden su importancia en dichas comunidades (Dyer 1996).Información detallada sobre la historia natural está disponible sólo para algunas especies de serpientes, esto se debe, a que

la mayoría son de hábitos secretivos y son difíciles de localizar u observar en el campo (Shine 1987). Sin embargo, en años recientes se incrementó en el interés por las investigaciones sobre la ecología de las serpientes, incluyendo a las víboras de cascabel, tal vez esto se deba a los avances en la tecnología aplicable en los estudios de campo (Beaman y Hayes 2008). Los bajas tasas metabólicas de las cascabeles, sus eficientes estrategias de forrajeo y su capacidad para alcanzar altas densidades poblacionales, sugieren que son un componente importante de los ecosistemas desérticos (Beck 1995). Sin embargo, para el caso de del noroeste de México, aún se carece de información sobre la historia natural y genética de la mayoría de las especies de víbora de cascabel.

Entre las especies endémicas del noroeste, *Crotalus enyo* es la que presenta la mayor distribución, no obstante, la información sobre su historia natural y genética es escasa, probablemente debido a que es una especie difícil de estudiar ya que se trata de una especie rara o amenazada(Hollingsworth y Frost 2007). Conocer el uso de hábitat por parte de *C. enyo*, permitirá entender cómo se relaciona con el ambiente donde vive, y así sentar bases para futuros estudios que sirvan para identificar si tiene selección y preferencia por ciertos recursos.

2. ANTECEDENTES

2.1 La víbora de cascabel de Baja California.

Crotalus enyo Cope 1861

Nombre Local: Víbora de cascabel

Nombre en Inglés: Baja California Rattlesnake

Situación en México (NOM-059-SEMARNAT-2010): Amenazada (A)

Situación IUCN: Least Concern (LC) Preocupación Menor

Etimología: Enyo se refiere a la "Diosa de la Guerra" en la mitología griega.

Descripción.

Es una serpiente de cuerpo robusto y pesado, con una talla máxima de 898 mm de longitud total. Se caracteriza por tener una cabeza pequeña en comparación al tamaño del cuerpo y por poseer un cascabel grande. Posee ojos relativamente grandes con pupilas elípticas. El color del dorso es similar al del sustrato, va del café claro al café oscuro, café grisáceo ó gris plateado, volviéndose pálido en la región posterior; en la región dorsal de la cabeza presenta dos pares de manchas café oscuro de forma alargada. El par anterior usualmente más reducido y situado hacia los lados, el par posterior más alargado y

colocado hacia el centro extendiéndose hasta la nuca. Una barra supra-ocular clara bordeada posteriormente por una línea café oscuro, con una línea post-orbital oscura presente. El patrón dorsal lo componen una serie de 28 a 42 manchas de color rojizo a café amarillento con bordes oscuros, las manchas tienen forma sub-rectangular en la región anterior, hexagonal en la región media y transversalmente alargadas en la parte posterior del cuerpo. El espacio medio-dorsal entre dichas manchas usualmente es mucho más claro que el resto del cuerpo, además hay una línea simple de manchas secundarias a ambos lados del cuerpo. En la cola se observan de 4 a 8 anillos cafés. El vientre usualmente es crema y pueden presentar varios puntos oscuros. Los juveniles presentan colores más claros(Armstrong & Murphy 1979; Mattison 1996; Grismer 2002; Campbell y Lamar 2004).

Distribución.

Es endémica de México. Se distribuye en la mayor parte de la península de Baja California. En el norte hace contacto con la costa del Pacífico en los alrededores de Cabo Colonet y con la costa del Golfo de California cerca de Bahía de los Ángeles. De aquí, continua hacia el sur por toda la península hasta Cabo San Lucas. También ocurre en las Islas Magdalena y Santa Margarita en el Pacífico, y en las Islas Carmen, Cerralvo, Coronados, Espíritu Santo, Pardo, Partida Sur, San Francisco, San José y San Marcos en el Golfo (Grismer 2002).

Variación Geográfica.

Se reconocen dos subespecies peninsulares *C. e. furvus* y *C. e. enyo* y una subespecie de la Isla Cerralvo, *C. e. cerralvensis.* La subespecie*furvus* ocurre en las regiones montañosas del norte de Baja California, desde Cabo Colonet hacia el sur un poco después de El Rosario. Hacia el sur *furvus* interdegrada con *enyo* por aproximadamente 60 km (Grismer 2002).

Relaciones y Taxonomía.

C. enyo puede ser miembro del grupo que contiene a *C. horridus,* de Estados Unidos, *C. culminatus C. simus*, *C. totonacus* y *C. tzabcan* de México, *C. durissus* de Centro y Sud América, *C. vegrandis* de Venezuelay *C. unicolor* de la Isla Aruba (Grismer 2002). Sin embargo, Campbell y Lamar (2004) mencionan que se incluye a *C. cerastes*, *C. enyo*, *C. tigris*, *C. scutulatus* y la extinta *C. potterensis* en el grupo *viridis*. Además mencionan que al analizar muestras de RNA, *C. cerastes* está cercanamente relacionado a *C. enyo*. Algunos patrones cladogénicos derivan en especies peninsulares que provienen de ancestros tropicales, y estos son los representantes más viejos de la región. Los taxa representativos incluyen a *C. enyo*, especie hermana de la cascabel Neo-tropical *C. durissus* (Case *et al.*2002; Murphy *et al.* 2002; Castoe y Parkinson 2006).

Historia Natural.

Crotalus enyo es una serpiente principalmente terrestre. Puede encontrarse bajo o entre arbustos, bajo rocas, en madrigueras y en dunas. Grismer (2002) menciona que Klauber reportó un espécimen cerca de Cataviña que estaba aproximadamente a 1 m del suelo, en una *Ambrosia dumosa*, y que McGuire reporta un comportamiento similar en la Isla Cerralvo donde la serpiente estaba a 1.5 m del suelo y se movía de arbusto a arbusto.

Actividad.

Crotalus enyo es activa durante todo el año en la región del Cabo, con una mínima actividad en diciembre y enero. Al norte del Desierto del Vizcaíno es generalmente inactiva durante el invierno, sin embargo Grismer (2002), observó individuos activos al sur de El Rosario en días cálidos de diciembre. El periodo de actividad va de marzo a noviembre, de Bahía de los Ángeles hacia el sur tiene una mayor actividad en septiembre y octubre. En primavera es activa tanto de día como de noche, durante el verano es más activa durante la noche (Grismer 2002). Armstrong y Murphy (1979) señalan que es nocturna una buena porción del año, y parece alcanzar el pico de actividad a principios de otoño cuando caen las lluvias; durante este tiempo es común encontrarla cruzando la carretera por las noches.

Dieta.

C. enyo se alimenta principalmente de pequeños mamíferos y lagartijas, siendo joven ó como adulto. Los adultos y jóvenes llegan a ingerir cienpiés (*Scolopendra* sp.) (Taylor 2001). Al parecer es una serpiente que presenta mayor actividad de forrajeo que otras cascabeles de Baja California. La mayoría de las veces es encontrada desplazándose siguiendo el rastro de un roedor. Además se menciona que son escasos los ejemplares observados enrollados esperando a una presa (Grismer 2002). Taylor (2001) disectó los sistemas digestivos de 113 ejemplares depositados en museos; identificando que se alimenta tanto de roedores (*Chaetodipus spinatus, Chaetodipus* sp., *Dipodomys* sp., *Peromyscus* sp. y *Thomomys bottae*) como de lagartijas (*Aspidocelis* sp., *Dipsosaurus dorsalis*, *Sceloporus* sp. y *Uta stansburiana*) y cienpiés (*Scolopendra* sp.), sin importar la longitud total (L.T.) de los individuos. Exhibe un cambio ontogénico discreto en la dieta pasando de lagartijas a mamíferos. Taylor (2001) menciona que los ejemplares con tallas mayores tienden a contener múltiples presas, pero ésta tendencia no es significativa. Además señala que *C. enyo* presenta dimorfismo sexual, siendo los machos de mayor tamaño que las hembras.

Reproducción.

Poco se conoce sobre la biología reproductiva de *C. enyo*. Grismer (2002) encontró neonatos en julio cerca de Loreto, a principios de agosto al oeste de Bahía de los Ángeles y en septiembre y octubre en la región del Cabo. Lo que sugiere que la cópula ocurre en la

primavera y los nacimientos en verano y principios de otoño. Campbell y Lamar (2004) mencionan el nacimiento de siete crías el 21 de noviembre de 1976 midiendo 22.3 cm de L.T. y pesando 10.2 g en promedio, así como otros nacimientos entre abril y mayo. Goldberg y Beaman (2003) señalan que el ciclo testicular de *C. enyo* es similar al de otras cascabeles de Norte América, donde la formación de espermatozoides ocurre entre verano y otoño y son almacenados en los vasos deferentes durante el invierno; menciona que son necesarias observaciones en campo para determinar cuando ocurre el apareamiento. La ovulación ocurre como en otras cascabeles de Norte América, comienza en primavera y las crías nacen a finales del verano. La presencia de hembras reproductivamente inactivas sugiere que sólo una parte de la población femenina se reproduce cada año. Al parecer durante periodos de alta abundancia de presas *C. enyo* podría reproducirse anualmente.

Hábitat.

Ocurre en numerosos hábitats a través de la península de Baja California. Habita el matorral costero de *Artemisa*. Se encuentra también en las regiones costeras frías del Pacífico en el Desierto del Vizcaíno y la planicie de Magdalena, donde es usualmente encontrada en asociación con matorrales y rocas (Grismer 2002). Se encuentra también en la región Árida-Tropical pero no penetra al bosque de encino y pino-encino. Campbell y Lamar (2004) señalan que frecuentemente es encontrada en sitios con rocas, cactus y matorral espinoso. En el área al sur de La Paz, se encuentra en planicies y montañas desérticas (Armstrong y Murphy 1979).

2.2 Uso de Hábitat

Los ecosistemas terrestres son un mosaico estructuralmente y climatológicamente complejo y esto ocurre a cualquier escala espacial. Debido a esto, la mayoría de los organismos demuestran una especificidad por ciertas características de dicho mosaico, y esto ayuda a los ecólogos a reconocer sitios adecuados o no para los organismos. Por lo cual, la ocurrencia de una especie en particular, respecto a dichas características, puede ser usada para delimitar el hábitat de dicha especie. El hábitat puede describirse como la porción de un hiperespacio multidimensional que es ocupado por una especie (Reinert 1993). También es definido como el lugar donde existen recursos y condiciones físicas y bióticas que permiten la sobrevivencia, reproducción y establecimiento de un organismo (Montenegro & Acosta 2008).

Reconocer las relaciones entre la distribución espacial de un organismo y los factores ambientales específicos, constituye el primer paso en el estudio del hábitat. El uso de hábitat es definido como la forma en que un organismo aprovecha los componentes físicos y biológicos de éste, sin implicar necesariamente que exista una selección del mismo, ya que la selección es un proceso jerárquico que involucra una variedad de decisiones innatas (genéticas) y aprendidas por parte de cada organismo, que resulta en el uso desproporcionado de un recurso sobre otro, y por ende, de aquellos hábitats que los contengan (Montenegro y Acosta 2008). El uso de un hábitat disponible está ligado a su

abundancia en el sistema, pero no significa que todos los hábitats disponibles serán utilizados (Montenegro-González y Acosta 2010). No sorprende que estudios de varias especies de serpientes, sugieran que los individuos seleccionan activamente porciones preferidas del ambiente. Es por esto que las serpientes se desplazan a sitios donde puedan adquirir recursos, que típicamente son el alimento, refugio, acceso a parejas y temperaturas adecuadas. La variación en la distribución y disponibilidad de dichos recursos y otros factores ambientales, promueve patrones ampliamente dispersos en los movimientos entre poblaciones. Por lo tanto, se supone que el uso del hábitat disponible no es al azar, y su distribución no azarosa entre distintos tipos de hábitats, no es el resultado inmediato de la supervivencia diferenciada en hábitats adyacentes (Reinert 1993; Reed y Douglas 2002; Attademo *et al.* 2004; Tozetti y Martins 2008). También se sugiere que el uso de hábitats puede estar basado en características estructurales del ambiente, como el arreglo de los objetos en el espacio (Moore y Gillingham 2006).

El grupo de las serpientes ha recibido una mayor atención en el área de uso de hábitat a partir del trabajo de telemetría realizado por Reinert (1984 *a, b*), de tal manera que más estudios han encontrado que las serpientes usan y seleccionan hábitats para satisfacer sus necesidades fisiológicas y encontrar presas. El uso de hábitat en víboras de foseta ha recibido particular atención debido a que poseen cuerpos largos y pesados (lo que permite la implantación de transmisores), y también por que utilizan estrategias de forrajeo donde permanecen inmóviles por largos periodos esperando a que una presa pase, lo que sugiere una cuidadosa selección de microhábitats. Además, los depredadores de emboscada son

conocidos por maximizar el éxito de forrajeo seleccionando sitios para cazar basados en rastros químicos dejados por presas potenciales (Eskew *et al.* 2009).

La condición reproductiva tiene efectos en el uso de hábitat, hembras grávidas de varias especies han sido observados en hábitats que difieren de los frecuentados por machos y hembras no grávidas. El estatus reproductivo juega un papel importante en la ecología espacial de las serpientes, se observa un incremento en la actividad de los machos durante la temporada de apareamiento en busca de hembras y reducción de actividad de las hembras durante la gestación (Brito2003).

El uso de hábitats apropiados para el forrajeo es necesario para mantener la energía adecuada para sobrevivir. Debido a que todas las serpientes son depredadores, la localización y distribución de sus presas tiene un papel importante en la selección de hábitats. Como depredadores, utilizan hábitats que tienen densidades de presas adecuadas para satisfacer sus requerimientos energéticos. Como consecuencia, la selección de hábitats refleja el hábitat seleccionado por sus presas y sugiere una estrecha relación entre el eje alimenticio y el hábitat. También se ha observado que la ecdisis puede estimular a las serpientes para seleccionar hábitats que difieren de sus sitios de forrajeo típicos (Reinert 1993). Debido a la ecología y fisiología de los ectotérmos, que depende de las características térmicas del hábitat, estos pueden ser muy sensibles a las consecuencias térmicas de las modificaciones en la estructura del hábitat (Pringle 2003).

Brito (2003)señala que las serpientes exhiben variaciones estacionales en el uso de hábitat y que los principales factores que afectan estos cambios son la disponibilidad de hábitat, abundancia de presas, sitios para asolearse e hibernar.

Oliveira y Martins (2001) observaron un cambio ontogénico en el uso de microhábitat en *Bothrops atrox*, los juveniles son más arborícolas que los adultos, esto puede deberse a las diferencias en disponibilidad de alimento entre la hojarasca y la vegetación. Además señalan que los estudios sobre la ecología espacial y uso de hábitat requieren información detallada de componentes como el movimiento, dirección de desplazamiento, distancia y frecuencia.

En general, los animales exhiben preferencia por sitios en el ambiente con distintas características, los cuales se definen como microhábitats (Tozetti *et al.*2009). Para la mayoría de las especies de serpientes, nuestro conocimiento sobre su uso de hábitat y variación de hábitat es mínimo y está basado en observaciones anecdóticas. Básicamente, estudios detallados en la historia natural que produzcan una descripción del hábitat preferido y examinen la variación estacional e intra-poblacional en el uso del hábitat son necesarios. Desafortunadamente dichos estudios requieren un intenso trabajo de campo para obtener tamaños de muestra adecuados en un periodo de tiempo significativo (Reinert 1993). Es por esto que, entender los mecanismos que afectan el uso del hábitat nos proporciona el marco para generar hipótesis y teorías sobre evolución, estructura de la comunidad, así como el mantenimiento de la diversidad de especies (Tozetti y Martins 2008;Standford 2010).

Estudios sobre historia natural de un sitio específico que determinan las necesidades de conservación de las poblaciones en el contexto de sus comunidades bióticas son esenciales (Holycross y Mackessy 2002). Por lo tanto, entender los patrones del uso espacial de los recursos por especies amenazadas proporciona información fundamental sobre cómo estos animales obtienen sus requerimientos para sobrevivir, y ofrecen una fuerte dirección para las estrategias regionales de conservación(Heard *et al.* 2004).

3. JUSTIFICACIÓN

Debido a que varias especies de serpientes están declinando en sus números poblacionales, es importante identificar y proteger los hábitats críticos y características del paisaje relevantes para su conservación. El entender los requerimientos de hábitat, patrones de actividad y la distribución espacial, es necesario para el manejo de poblaciones por parte de los ecólogos. Así que el conocimiento básico es especialmente importante para la conservación de especies en riesgo y la protección de poblaciones amenazadas de extinción. El conocimiento sobre la ecología de las especies es la base científica para el manejo y conservación de especies amenazadas (Brito 2003; Simonov 2009). La conservación de especies raras no puede ser determinada cuando se desconoce el uso de hábitat de poblaciones silvestres (Neilson *et al.*2006).

En la presente investigación se busca determinar el uso de hábitat y definir los hábitat óptimos para futuras búsquedas, monitoreo y manejo de *C. enyo.*

4. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Determinar el uso de hábitat de *C. enyo* en la región del Cabo, Baja California Sur, México.

2. Objetivos particulares

- Determinar la abundancia y patrón de actividad de *C. enyo* a lo largo del año.
- Caracterizar los hábitats utilizados por *C. enyo*.

5. HIPÓTESIS

Dado que *Crotalus enyo* es una especie rara, difícil de encontrar, es posible que sus requerimientos de hábitat sean particulares, los cuales influyen en el uso del mismo, por lo tanto, los hábitat utilizados por *C. enyo* tienen características que los hacen particulares, como la presencia de abundante cobertura vegetal y presencia de numerosas rocas.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1. Ubicación

El área de estudio se ubica en la región del Cabo, en el extremo sur de la Península de Baja California, en el estado de Baja California Sur. Esta región comprende la totalidad del municipio de Los Cabos y parcialmente el de La Paz. Tiene un área aproximada de 11,481 km^2 y se delimita al norte por el Istmo de La Paz en las coordenadas 24° 21´24´´ N 110° 17´58.08´´ O. En esta región se localiza una zona montañosa conocida como Sierra La Laguna, la cual alcanza una altitud máxima de 2090 msnm, y los tipos de vegetación presentes son el bosque de encino-pino en las partes altas, y selva baja caducifolia entre los 300 y 800 msnm, pero presenta amplias fajas ecotonales con el matorral xerófilo entre los 250 y los 350 msnm, y con los bosques de encino entre los 800 y 900 msnm. Constituye el límite occidental de la selva seca en el hemisferio norte, albergando los únicos remanentes de la vegetación tropical del Mioceno proveniente de la porción continental de México. Se encuentran otras zonas montañosas de menor altitud: Sierra las Cruces, al este de La Paz, Sierra El Novillo, al suroeste de La Paz y Sierra Santa Clara (Sierra la Trinidad) al noroeste de San José del Cabo (Guertin *et al.* 1988; Flores 1998; León de la Luz *et al.*1999;CONANP 2004; Arriaga 2010; Murphy y Méndez 2010).

6.2. Tipos de Suelo

Los tipos de suelo que se encuentran en la región del Cabo son(INEGI 2004):

- Arenosol: Suelo arenoso que se caracteriza por tener textura gruesa, con más de 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. Con alta permeabilidad pero muy baja capacidad para retener agua y nutrientes. Altamentente susceptible a la erosión.

- Fluviosol: Suelo formado por material acerrado por agua. Suelos poco desarrollados, con profundidad media y estructura débil o suelta. Se presenta siempre cercano a lechos de ríos. Presentan capas de arena con piedras, como efecto de la corriente.

- Leptosol: Reúne a los suelos anteriormente llamados litosoles. Se presenta en climas semiáridos, tropicales y templados, es un suelo muy superficial sobre roca dura.

- Regosol: Suelos poco desarrollados, casi no existe diferencia entre sus capas. Están asociados a afloramientos rocosos y su fertilidad y productividad depende de la profundidad y pedregosidad.

- Solonchak: Son suelos que se presentan en donde se acumula salitre por intrusión salina. Tienen alto contenido en sales por lo que la vegetación que presentan es pastizal u otras plantas que toleren el exceso de sal (halófilas).

- Vertisol: Se encuentran en climas templados y cálidos, y en zonas que tienen una marcada estación seca y lluviosa. Presentan vegetación del tipo selva baja,

pastizales y matorrales. Con un alto contenido en arcilla, por lo que tienen color negro o café rojizo. Son poco susceptibles a la erosión y alto riesgo de salinización.

- Phaeozem: Se caracteriza por su capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Con profundidad variable. Los suelos profundos se localizan en planicies utilizadas para agricultura, los poco profundos en laderas o pendientes donde se erosionan con mayor facilidad.

- Cambisoles háplicos: Incluye a los anteriormente llamados Xerosoles háplicos y Yermosoles háplicos. Suelos profundos de color claro. Encontrados frecuentemente en zonas áridas. Con un horizonte superficial grueso y un horizonte B con esbozo de formación de suelo. Tienen buena estabilidad estructural, alta porosidad, buena capacidad de retención de agua, buen drenaje interno y pH neutro con una fauna edáfica activa y fertilidad satisfactoria (Álvarez-Sánchez y Naranjo-García 2003).

6.3. Geología

La geomorfología de la región del Cabo está ligada con la historia geológica de la Península. La separación de la región del Cabo ocurrió en el Mioceno, hace aproximadamente 10 millones de años (Axelrod 1958). Durante la época del Mioceno temprano casi toda la Península quedó sumergida, a excepción de tres regiones batolíticas: Sierra San Pedro Mártir (B.C.N.), la Península del Vizcaíno y la región del Cabo.

Durante el Mioceno medio la región del Cabo se encontraba aún unida al macizo continental y en la época del Plioceno fue, cuando el protogolfo estaba formándose, que se separa del continente y se adhiere temporalmente a la Península. En esta época, se reinicia la separación de la Península y la región del Cabo se vuelve a separar (Murphy 1983). Durante la época del Pleistoceno la región del Cabo se une definitivamente a la Península.

Dichos eventos orogénicos dieron lugar a la formación de dos conjuntos montañosos: una sierra ubicada al sureste conocida como la Sierra la Trinidad y un macizo que abarca varias serranías conocida como Sierra La Laguna (Arriaga y Ortega 1988).

6.4. Hidrología

La región del Cabo se encuentra dentro de dos regiones hidrológicas: la llamada Baja California Sur-Este (La Paz) y la región hidrológica Baja California Sur-Oeste (Magdalena) (INEGI 2004).

6.5. Clima

Los tipos de clima según Köppen modificados por García en la región del Cabo son de Tipo B (Secos) y C (Templados subhúmedos con lluvias en invierno). En la parte norte (La Paz) presenta clima muy seco semicálido (BWhw), muy seco muy cálido (Bw(h´)hw(x´)), seco semicálido (BS_0hw(w)), semiseco semicálido, templado subhúmedo con lluvia en verano de menor humedad y templado subhúmedo con lluvia en verano de humedad media; con rangos de temperaturas medias entre 14-24°C y precipitaciones con rangos menores a 100-600 mm (Clave geodésica 03003 de INEGI 2009). En la parte sur (Los Cabos) presenta un clima muy seco muy cálido, seco semicálido, seco muy cálido y cálido, templado subhúmedo (C(wo)) con lluvias en verano de mayor humedad, semiseco semicálido, templado subhúmedo con lluvias en verano con humedad media y muy seco semicálido, con un rango de precipitación 200-600 mm; siendo la temporada de secas de febrero a julio y la de lluvias de agosto a enero (Clave geodésica 03008 de INEGI 2009).

6.6. Vegetación

Los tipos de vegetación que se encuentran en la Región del Cabo son los siguientes:

Matorral Sarcocaule: Tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, algunos con corteza papirácea. Se encuentran en terrenos rocosos y suelos someros en regiones costeras y resto de la península, desde los 0-300 msnm y las especies

representativas son:*Pachycerus pringlei*, *Lophocereus schotii, Stenocereus gumosus, Cylindropuntia cholla, Bursera microphylla, Jatropha cinérea, Cercidium* spp. y*Prosopis* spp.

Matorral sarco-crasicaule: Es una comunidad vegetal con gran número de formas de vida en los que destacan especies sarcocaules (tallos gruesos) y crasicaules (tallos suculentos). Se encuentra en terrenos ondulados graníticios y coluviones. Las especies representativas son: *Pachycormus discolor, Fouqueria* spp., *Pachycereus pringleii, Opuntia* spp. y*Pedilanthus macrocarpus*.

Selva baja caducifolia: Se desarrolla en climas cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. Con temperatura promedio de 20°C. Con precipitaciones anuales máximas de 1200 mm y mínimas de 600 mm con una temporada seca bien definida. Los componentes arbóreos tienen una altura entre 4 a 10 m y eventualmente hasta 15 m. Se encuentra en altitudes entre los 300-800 msnm (Arriaga y Ortega 1988; Arriaga 2010) y las especies representativas son: *Lysiloma divaricat, L. candida, Erythrina flabelliformis, Plumeria acutifolia, Bursera microphylla, Cassia emarginata, Albizzia occidentalis, Haematoxylumn brasiletto, Esenbeckia flava, Pithecellobium mexicanum, Jatropha cinerea, J. vernicosa, Calliandra brandegeei, Mimosa brandegeei, Cnidoscolus agustidens, Cassia tora, Lantana scorta, Viguiera* spp., *Ferocactus* spp. y*Machaerocereus gummosus.*

Bosque de Encino: Comunidad formada por distintas especies de encinos y robles del género *Quercus*. Se encuentran como transición del bosque de pino y selvas. Se desarrolla entre los 1000 y los 1600 msnm, entre los bosques de pino-encino y selva baja caducifolia. Las especies representativas son: *Quercus tuberculata, Q. devia, Arbutus* sp. *Prunus* sp.,

Bumelia peninsularis, Bluddleia crotonoides, Randia megacarpa, Nolina beldingii, Muhlenbergia spp., *Opuntia* spp. y*Croton.*

Bosque de encino-pino: Comunidad que se encuentra en las porciones más altas de los sistemas montañosos. Hay diferentes especies de pino (*Pinus* spp.) y encino (*Quercus* spp.). Se encuentra distribuida por encima de los 140 msnm. Las principales especies son: *Pinus lagunae, Quercus devia, Arbutus peninsularis, Calliandra peninsularis, Mimosa xantii, Muhlenbergia* spp., *Castilleja bryantii, Lobelia laxiflora, Tagetes lacera yAristida* spp.

6.7. Fauna

La mayoría de las especies descritas para el Estado se encuentran en la región del Cabo. Se han determinado un total de 108 artrópodos, cinco anfibios, 39 reptiles, 65 aves y 30 mamíferos (Arriaga y Ortega 1988; Grismer 2002).

Herpetofauna: se han descrito alrededor de 42 especies nativas y se han identificado ocho especies endémicas de la región del Cabo: *Sceloporus licki, S. hunsakeri, Aspidocelis maxima, Masticophis aurigulus, Elgaria paucicarinata, Phyllodactylus unctus, Xantusia gilberti, Petrosaurus thalassinus* (Álvarez-Cárdenas *et al.* 1988; Grismer 2002; Blázquez-Moreno *et al.* 2012).

Avifauna: Se reportan 111 especies residentes y migratorias, de las cuales varias subespecies son endémicas,11 de ellas se encuentran restringidas al bosque de encino: *Patagioenasfasciatavioscae, Contopussordiduluspeninsulae, Sittacarolinenesis lagunae, Turdusmigratoriusconfinis, Psaltriparusminimusgrindae, Junco bairdi, Vireohuttonicognatus, Vireosolitariuslucasanus, Vireogilvusvictoriae, Melanerpesformicivorusangustifrons, Baeolophusinornatuscineraceus, Pipiloerythrophthalmusmangirostris,* (Gallina-Tessaro y Castellanos 2012).

Mastofauna: Se reportan 42 especies, dos insectívoros, 19 murciélagos, dos lagomorfos, diez roedores, ocho carnívoros y una especie de ungulado, representando el 70 % de los mamíferos terrestres y voladores de la península de Baja California (Arnaud*et al.*2012).

7. MÉTODOS

7.1. Sitios de Muestreo

Los muestreos se realizaron en sitios con vegetación de tipo matorral y selva baja caducifolia en la región del Cabo. Los sitios de muestreo se determinaron con base en el mapa de distribución potencial de *C. enyo* realizado por Estrada-Hernández (2010), seleccionando los sitios con alta probabilidad de ocurrencia para la especie y donde existían abundantes registros históricos (Fig. 1).

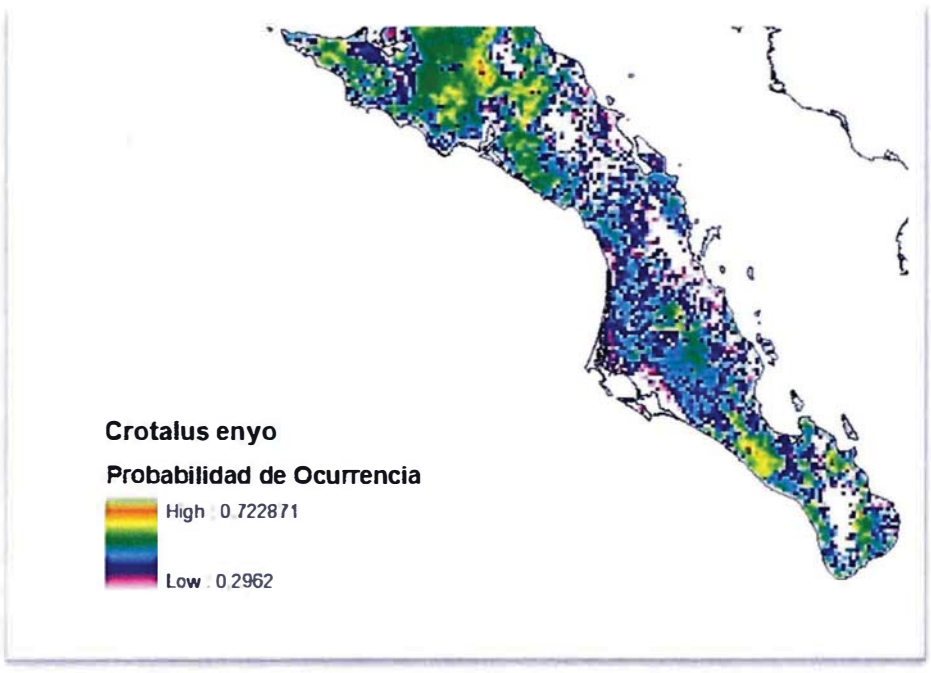

Figura 1.

Mapa de distribución potencial de *C. enyo* (Estrada-Hernández 2010).

El transecto de carretera se delimitó en base al abundante número de registros históricos obtenidos en HERPNET y del Museo de Historia Natural de San Diego (Hollingsworth com. pers.), además porque en el sitio elegido se presentan tres hábitats diferentes (Matorral Sarcocaule, Matorral Sarco-crasicaule y Selva baja caducifolia).

7.2. Obtención de datos

Se realizaron caminatas nocturnas en búsqueda de serpientes en los sitios con alta probabilidad de ocurrencia y donde existan registros históricos, la colecta de datos fue de la siguiente manera: a) toma de datos ecológicos, morfométricos y climáticos, b) características del hábitat. Las caminatas comenzaron una hora antes del ocaso, realizadas por un equipo conformado por un mínimo de tres personas que avanzaron paralelamente con una separación de 10 metros entre sí.

Las serpientes encontradas, fueron capturadas con la ayuda de ganchos, pinzas y tubos herpetológicos y se les asignó una clave. El sitio de captura fue georeferenciado con ayuda de un geoposicionador (GPS Garmin XL). Se recabaron medidas de: longitud hocico-cloaca (LHC), longitud cloaca-cola (LCC). Se identificó el sexo con la ayuda de sexadores (varillas metálicas con puntas redondeadas). El estado reproductivo se determinó mediante el palpado del tercio posterior del cuerpo en busca de embriones (Fitch 1993a).

Se registró la postura de la serpiente al momento de encontrarla, tomando en cuenta tres categorías: 1) en movimiento, 2) en acecho, 3) en reposo (Oliveira y Martins 2001).

Adicionalmente se realizaron recorridos nocturnos en un transecto de carretera, a bordo de un vehículo a una velocidad de 60 - 65 km/h, con la finalidad de encontrar serpientes vivas o atropelladas. Se realizaron 72 recorridos (mínimo dos por mes). El transecto inició en la ciudad de La Paz, con dirección a la comunidad de San Antonio (Carretera Federal #1) y de ahí con dirección a la comunidad de San Juan de los Planes y terminó en la ciudad de La Paz, BCS (Carretera Estatal #286), con una distancia total de 115 km. Los tipos de vegetación adyacentes al transecto son matorral y selva baja caducifolia. El recorrido se inició en las primeras horas de la noche. Al encontrar una serpiente se georeferenció y se registró si se encontraba viva o muerta, así como la temperatura ambiental. Si el ejemplar estaba vivo se le tomaron sus datos morfométricos y se liberó en el sitio de encuentro. En caso de que el ejemplar estuviera muerto y en buenas condiciones, se depositó en la colección de reptiles del CIBNOR. Se caracterizaron los hábitats adyacentes al sitio de encuentro de una *C. enyo*, lo cual a su vez ayudó para dirigir búsquedas a pie (Hobert *et al.* 2004; Langen *et al.*2007; Hartmann *et al.* 2011).

7.3. Patrón de Actividad

El patrón de actividad de *C. enyo* a lo largo del año se determinó con base en el número de encuentros por mes, temporadas (secas - lluvias), a la hora en que son encontradas activas y las condiciones ambientales registradas en el momento del encuentro.

7.4. Abundancia Relativa de Serpientes

La abundancia se estimó con base en el número de serpientes encontradas respecto al esfuerzo de muestreo. Para las búsquedas a pie, la abundancia se estimó mediante el número de serpientes encontradas por horas de búsqueda. El tiempo de búsqueda se midió con ayuda de un cronómetro, el cual se detuvo cada vez que un animal era encontrado y se puso de nuevo en marcha una vez que se tomaron los datos del ejemplar. Para los recorridos en carretera la abundancia se determinó mediante el número de serpientes encontradas entre los kilómetros recorridos (Weaver 2008).

7.4.1 Abundancia Relativa Mensual (ARM)

Para estimar la abundancia mensual de serpientes, se sumó el total de horas recorridas en los transectos a pie y se cuantificó el total de serpientes encontradas dentro del intervalo de búsqueda. De igual manera para los recorridos de carretera se sumó el total de kilómetros recorridos y se cuantificó el total de serpientes encontradas. Posteriormente, para cada mes se dividió el total de serpientes entre el esfuerzo total de búsqueda (horas o kilómetros recorridos), mediante la siguiente formula:

(1) $\mathbf{ARM_n = N_n / hrs\text{-}km\text{-}búsqueda_n}$

Dónde:

- $\mathbf{ARM_n}$ es la abundancia relativa de serpientes del mes n,
- $\mathbf{N_n}$ es el número de serpientes encontradas en el mes n,
- $\mathbf{Hrs\text{-}km\text{-}búsqueda_n}$ es el tiempo o kilometraje total de búsqueda durante el mes n

7.4.2 ARM y clima

Con los datos de temperatura y precipitación registrados en los alrededores de los sitios de colecta durante 2010-2012 (obtenidos de estaciones climatológicas, proporcionados por la Comisión Nacional del Agua), se realizó un análisis de correlación de Spearman entre la ARM con sus valores medios correspondientes al mes que se hizo el muestreo, utilizando el programa Statistica 7.0.

7.4.3 Abundancia mensual esperada

Para determinar el patrón mensual de actividad de *C. enyo*, *C. ruber* y *C. mitchellii*, se hizo una corrección en el esfuerzo de muestreo basándose en Seigel (1992), ya que existió inequidad en las horas y kilómetros de esfuerzo entre los distintos meses muestreados. Para esto, primero se calculó el esfuerzo relativo mensual, dividiendo el número de horas o kilómetros de cada mes entre el total de hrs-km de todo el estudio.

La fórmula para calcular el esfuerzo relativo mensual fue:

(2) $\mathbf{ERM_n = Hrs\text{-}Km_n / Hrs\text{-}Km_t}$

Dónde:

- $\mathbf{ERM_n}$es el esfuerzo relativo del mes n,
- $\mathbf{Hrs\text{-}Km_n}$es el esfuerzo de búsqueda en tiempo o kilómetros del mes n,
- $\mathbf{Hrs\text{-}Km_t}$es la sumatoria del esfuerzo en tiempo o kilómetros de todos los meses

Posteriormente, partiendo de la hipótesis nula que la actividad de las serpientes es igual en todos los meses, se calculó el número de serpientes esperadas de cada mes, multiplicando el número total de serpientes encontradas durante todo el estudio por el esfuerzo relativo de cada mes.

Se realizó mediante la siguiente fórmula:

(3) $\mathbf{SE_n = (S_t)(ERM_n)}$

Dónde:

- $\mathbf{SE_n}$es el número de serpientes esperadas en el mes n,
- $\mathbf{S_t}$es la sumatoria de las serpientes encontradas durante todos los meses,
- $\mathbf{ERM_n}$es el esfuerzo relativo del mes n

Se obtuvo la validación estadística entre los valores mensuales observados y esperados de serpientes en búsquedas en caminata y recorridos en carretera, los cuales se compararon mediante una prueba Chi-cuadrada ($P \leq 0.05$, gl = 1).

7.4.4. Abundancia Relativa Estacional (ARE)

Para calcular la abundancia relativa estacional, se dividió el total de serpientes halladas cada temporada (secas o lluvias) entre las hrs-búsqueda o km-búsqueda de la misma.

La fórmula utilizada fue:

(4) $\mathbf{ARE_n = N_n}$ **/ hrs-km búsqueda**$_\mathbf{n}$

Dónde:

- **ARE_n**es la abundancia relativa de serpientes en la estación n,
- **N_n**es el número de serpientes encontradas en la estación n,
- **Hrs-km búsqueda$_n$** es el esfuerzo total en tiempo o kilómetros de búsqueda durante la estación n

Posteriormente, para determinar si existieron diferencias en el esfuerzo de búsqueda entre la estación de secas y lluvias, se compararon las hrs y km de búsqueda efectuados durante cada temporada mediante una prueba U de Mann-Whitney; ésta es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar dos grupos independientes de datos sin importar si no se distribuyen normalmente (Potvin y Roff 1993). Para buscar diferencias en la abundancia de serpientes entre las dos estaciones, se construyó una matriz 2 X 2 con las hrs- km búsqueda y las serpientes observadas por estación y se realizó una prueba Chi-cuadrada ($P \leq 0.05$, gl = 1).

7.5. Uso de Hábitat

7.5.1. Microhábitat

Los sitios donde se detectaron ejemplares de *C. enyo* se caracterizaron a una escala de microhábitat. En aquellas encontradas en los recorridos a pie, se trazó un cuadrante de

tres (3) m^2 tomando a la serpiente como el centro de dicho cuadrante. Se determinó el porcentaje de cobertura vegetal (herbáceas, arbustos, árboles y suculentas) de especies presentes, materia vegetal en descomposición y porcentaje de pedregosidad, clasificando las rocas en tres categorías (rocas tipo 1: < 30cm, tipo 2: 31-60cm y tipo 3: >61 cm), el porcentaje de suelo desnudo y la pendiente dentro de dicho cuadrante. Además en cada sitio se utilizó el método de línea de intercepción, el método consiste en usar una línea (cinta métrica) para el transecto. La línea total interceptada es sumada en cada línea y el porcentaje de cobertura total es calculado, se puede usar cualquier longitud de transecto deseada; para este estudio fue de 50 m (Canfield 1941; Aguirre y Huss 1984; Hobert *et al.* 2004; Jenkins y Peterson 2008). Con este método se determinó el porcentaje de cobertura vegetal, pedregosidad y espacios sin cobertura vegetal en cada sitio de muestreo (Cuadro I).

Cuadro I. Variables utilizadas para la caracterización del microhábitat.

Abreviatura	Variable	Descripción
SD	Suelo desnudo	% de suelo desnudo
RT1	Roca Tipo 1	% de rocas < 30 cm
RT2	Roca Tipo 2	% rocas > 31 cm < 60 cm
RT3	Roca Tipo 3	% rocas > 61 cm
HB	Herbáceas	% cobertura de herbáceas
AR	Arbustos	% cobertura arbustiva
AB	Árboles	% cobertura arbórea
MV	Materia vegetal	% cobertura de materia vegetal
SU	Suculentas	% cobertura de suculentas
P	Pendiente	% de pendiente

Para los ejemplares encontrados en carretera, las líneas de intersección se realizaron perpendicularmente a ésta, comenzando a una distancia aproximada de 15 m del borde del pavimento, para evitar las cunetas con alto grado de disturbio; en los sitios que fue posible se dividió la línea de intersección en dos (25-25 m), para abarcar ambos lados de la

carretera, ya que no se puede asegurar de qué lado provenía la serpiente (Hobert *et al.* 2004).

7.5.2. Macrohábitat

Los sitios donde se realizaron caminatas en busca de ejemplares, así como el transecto de carretera, se dividieron en tres tipos de hábitat en base a la vegetación dominante. Los hábitats fueron el matorral al sur de la Paz, la selva baja caducifolia en las serranías de San Antonio y el matorral de San Juan de Los Planes.

7.5.2.1. Índice de Valor de Importancia

Se estimó el índice de valor de importancia de la vegetación en cada uno de los tres tipos de hábitat, por lo que se realizó una parcela de 5 X 100 m, en las cuales se midieron dos cuberturas, altura, y especie de cada planta dentro de dicha parcela. Con estos datos se calculó la abundancia, frecuencia, cobertura y altura por especie.

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies en tres medidas principales: dominancia (cobertura), abundancia y frecuencia. El I.V.I. es la suma de estos tres parámetros. Revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. Es necesario transformar los datos de cobertura, abundancia y frecuencia en valores relativos (Matteuci y Colma 1982).

7.5.2.2. Índices de Riqueza, Diversidad y Similitud

Para conocer la riqueza de especies por hábitat se calculó el índice de Margalef. En tanto que para conocer qué tan homogéneos o heterogéneos fueron los hábitats se calculó el índice de Shannon-Wiener y Simpson, así como el de Equidad. El índice de Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar. El índice de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar sean de la misma especie. Además se calculó el índice de Sorensen, que permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas (Zarco-Espinosa *et al.*2010).

7.6. Análisis estadístico

7.6.1 Prueba preliminar

Previamente al análisis de uso de hábitat, a todas las variables se les realizó una prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, la cual es una prueba no paramétrica, se llevó a cabo con el paquete estadístico STATISTICA 7.1 (Zar 1984;StatSoft Inc. 2005).

7.6.2 Análisis de Componentes Principales

Los datos obtenidos de las variables del microhábitat se examinaron mediante un análisis de componentes principales, el cual permite conocer cuáles son las variables más importantes para describir un hábitat.El análisis considera que las variables más importantes son aquellas que explican el mayor porcentaje de la varianza observada. Para ello el análisis agrupa a las variables originales en un número pequeño de componentes; cada componente es una combinación lineal de las variables mediante correlaciones entre las mismas (James y M´Closkey 2002). Este análisis se realizó rotando los datos mediante la rotación VARIMAX. Esta rotación hace que cada factor esté asociado con unas pocas variables, y que no tenga influencia de las demás, con el fin de conseguir una interpretación más clara; concretamente, busca factores con pocas cargas fuertes y las demás casi nulas. Para ello, maximiza la varianza de las cargas de cada columna (McGarigal *et al.*2000). El análisis de componentes principales se llevó a cabo con el paquete estadístico STATISTICA 7.1 (StatSoft Inc. 2005).

7.6.3 Análisis de Funciones Discriminantes

Para el análisis del uso de hábitat, las variables que resultaron significativas en el análisis de componentes principales (ACP), fueron analizadas mediante un análisis de funciones discriminantes. Este análisis es un estadístico que resalta las diferencias entre grupos y minimiza las diferencias dentro del grupo, por lo que permite clasificar (o discriminar) las variables más importantes para una variable elegida (Reinert 1984b; McGarigal *et al.*2000). Al someter las matrices (agrupaciones) al AFD, se crearon combinaciones lineales de las variables independientes mediante las cuales buscó distinguir mejor entre grupos (funciones discriminantes) e identificar cuáles de las variables contribuyeron mayormente a dicha separación. El análisis de funciones discriminantes se llevó a cabo con el paquete estadístico STATISTICA 7.1 (StatSoft Inc. 2005).

7. Dieta

Para conocer la dieta de *C. enyo* se obtuvieron dos tipos de muestras (contenidos estomacales y excretas) de las serpientes encontradas en caminatas, transecto de carretera y ocasionales, durante los dos años de muestreo (2010-2012).

7.7.1. Obtención de muestras

A los ejemplares encontrados vivos durante las caminatas, transecto de carretera y ocasionales, se les manipuló con la finalidad de obtener contenidos estomacales mediante la técnica de "regurgitación forzada" (Fitch 1993a). Para ello se realiza un palpado abdominal en sentido caudo – cefálico. Cuando se detecta una presa en el tracto digestivo, se continúa el palpado abdominal empujando a la presa hacia la boca, para posteriormente colocarla en un frasco con alcohol al 70 %. Para obtener excretas se realizó el palpado en sentido céfalo – caudal en el último tercio del cuerpo. Las excretas se colocaron dentro de frascos de plástico con alcohol al 70 % y se transportaron al laboratorio para el posterior análisis.

Para el caso de los ejemplares encontrados muertos en el transecto de carretera, estos fueron llevados al laboratorio, fijados y depositados en la Colección Herpetológica del CIBNOR, asignándoseles un número de catálogo(Apéndice I). Dichos ejemplares fueron analizados en el laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR para obtener contenidos y excretas, extrayéndoseles el tracto digestivo y realizando preparaciones de los elementos obtenidos. Las preparaciones que contenían elementos nuevos en la dieta de *C. enyo*, fueron depositadas en la colección Herpetológica del CIBNOR para posteriores referencias y consultas.

7.7.2. Periodo de forrajeo

Para buscar patrones en el periodo de forrajeo de *C. enyo*, se cuantificó la proporción de individuos con contenido estomacal o excretas en cada mes de muestreo y se realizó una prueba de Chi – cuadrada ($P \leq 0.05$, gl = 1) para buscar diferencias entre la estación seca y de lluvias, partiendo de la hipótesis nula que la especie no tiene diferencias entre temporadas en cuanto a su actividad alimenticia.

7.7.3. Análisis de contenidos y excretas

Los contenidos estomacales fueron colocados en cajas de petri, observados bajo el microscopio estereoscópico, e identificados con apoyo de la colección de referencia perteneciente al Laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR y las claves para la identificación de mamíferos parcialmente digeridos de Whorley (2000).

Las excretas fueron colocadas en cajas de Petri, se les agregó agua con jabón en polvo, se agitaron y se les dejo así por varios minutos para promover una mejor separación de los elementos. Con la ayuda de pinzas y agujas de disección, los elementos fueron observados y se realizaron preparaciones con los objetos identificables como pelos, escamas, y partes del cuerpo (dedos, uñas y piel) para posteriormente observarlas en el microscopio.

7.7.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos del análisis de los contenidos y excretas se almacenaron en una base de datos, clasificándolos con base al taxón de la presa (reptil, mamífero), especie presa y fecha de captura. Además de los datos de la serpiente como sexo, longitud hocico-cloaca (LHC) y longitud cloaca-cola (LCC).Para cada tipo de muestra, se calculó el promedio y el intervalo de LHC de la serpiente que lo contenía, así como la frecuencia de aparición de las presas.

Para buscar diferencias en la dieta entre sexos (macho vs. hembra), temporada (secas vs. lluvia) y hábitat (matorral vs. selva) se comparó la frecuencia de aparición del tipo de presa en cada una de las agrupaciones de los datos mediante una prueba de Chi – cuadrada ($P \leq 0.05$, gl = 1), partiendo de la hipótesis que no habrá diferencia entre ninguna de las comparaciones.

Para buscar cambios ontogénicos en la dieta de *C. enyo*, se utilizaron los datos obtenidos tanto de excretas como de contenidos estomacales, comparando la LHC de las serpientes que se alimentaron de lagartijas de las que se alimentaron de ratones, mediante una prueba U de Mann – Whitney.

8. RESULTADOS

8.1. Datos Climáticos

De las estaciones meteorológicas colindantes a los sitios donde se registraron ejemplares de *C. enyo* (El Cajoncito, El Triunfo, La Paz, Los Divisaderos, Los Planes, Los Robles, San Antonio, San Pedro y Valle Perdido), se obtuvo la temperatura máxima y mínima promedio de cada mes, así como la precipitación total mensual, para todos los meses de los años 2010, 2011 y el primer semestre del 2012.

8.1.1.Temperatura

Durante el año 2010, la temperaturas máximas promedio oscilaron entre los 24.3° C y los 36.08° C, mientras que en el 2011 fue entre los 23.4° C y los 35.4° C, y el primer semestre del 2012 entre los 25.9 y 38.6° C. En los años 2010-2011 el periodo de mayores temperaturascomprendió de junio a octubre (Fig. 2), mientras que en 2012 fueron entre mayo y julio.

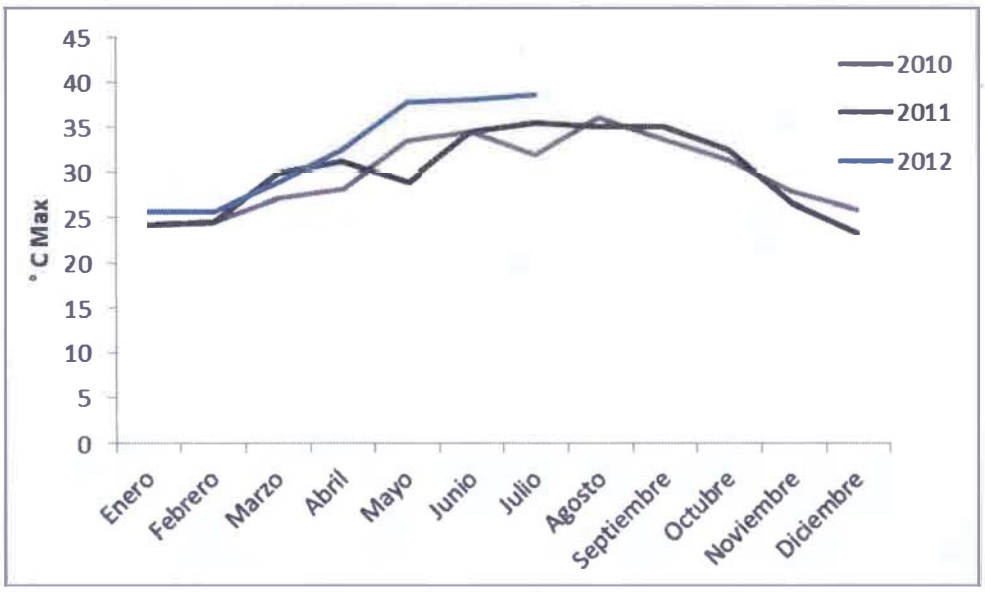

Figura 2. Temperatura máxima promedio mensual de todas las estaciones meteorológicas colindantes al área de estudio durante los años 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012).

En el año 2010, la temperatura mínima promedio osciló entre los 8.9° C y los 22.6° C; para el 2011 estuvo entre los 7.5° C y los 22.5° C, y el primer semestre del 2012 entre los 12.3 y 24.5° C. En los años 2010-2011 las temperaturas menores se presentaron de enero a mayo, con temperaturas más cálidas de junio a octubre, y una disminución en la temperatura en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 3). En el 2012 las temperaturas mínimas se presentaron entre enero y abril.

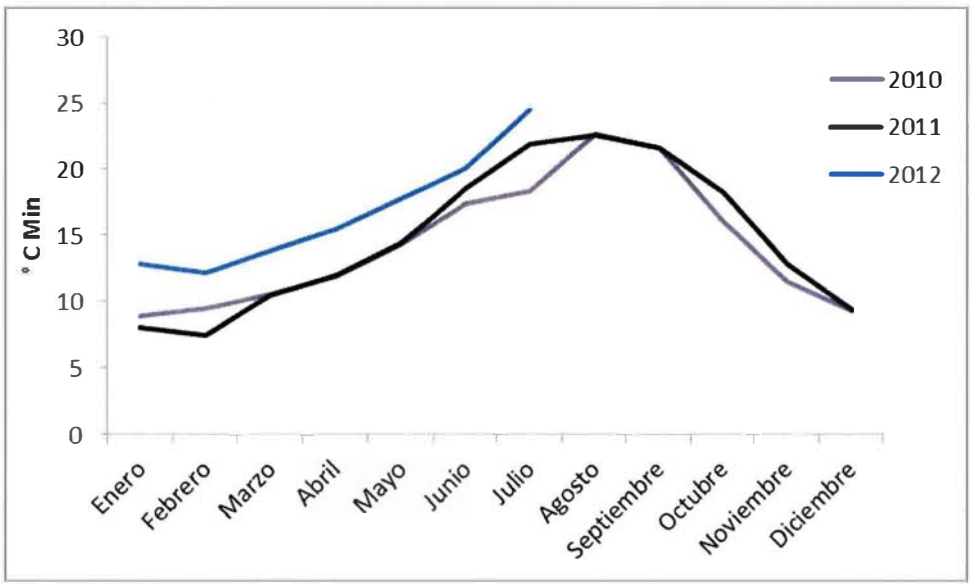

Figura 3. Temperatura mínima promedio mensual de todas las estaciones meteorológicas colindantes al área de estudio durante los años 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012).

8.1.2. Precipitación

En 2010 se presentó un incremento en la precipitación durante el periodo julio-octubre llegando hasta los 96.3 mm en el mes de septiembre, y un total anual de 169.5 mm. Por su parte, en 2011 las lluvias se dieron en el periodo junio-noviembre llegando a los 40.6 mm en el mes de agosto, y un total anual de 128. 95 mm. En el 2012 se presentó precipitación en el mes de febrero con 9.4 mm (Fig. 4).

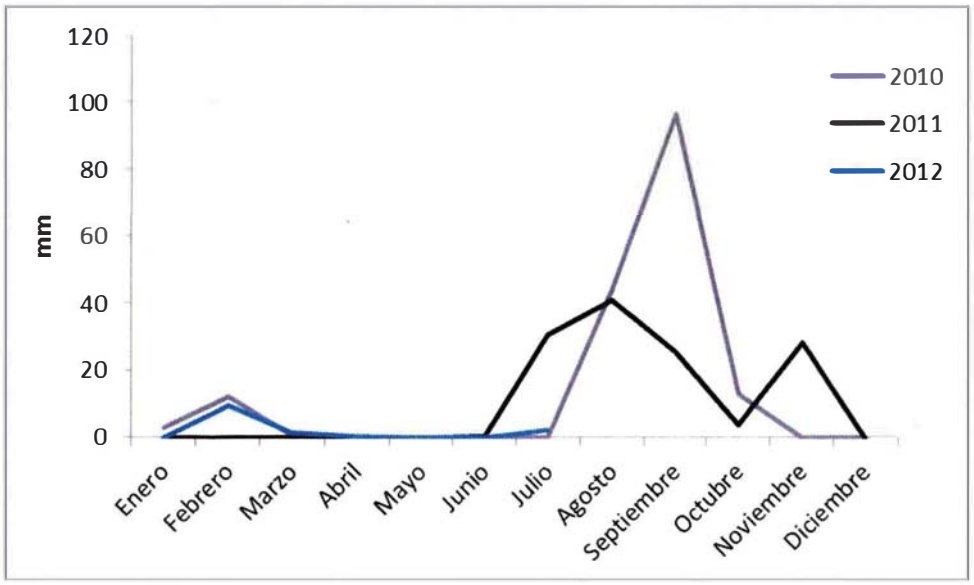

Figura 4. Precipitación total mensual registrada de todas las estaciones meteorológicas en el área de estudio durante 2010-2012 (Comisión Nacional del Agua 2012).

8.2. Abundancia relativa de serpientes

8.2.1. Abundancia relativa mensual (ARM)

El esfuerzo total de búsqueda de serpientes medido en tiempo fue de 132.59 hrs-búsqueda de caminatas nocturnas de julio de 2010 a julio de 2012.Sólo en octubre de 2011 se encontró un ejemplar de *C. enyo*correspondiendo a una ARM de 0.06369, lo cual coincidió con una disminución en la temperatura y precipitación (Fig. 5).

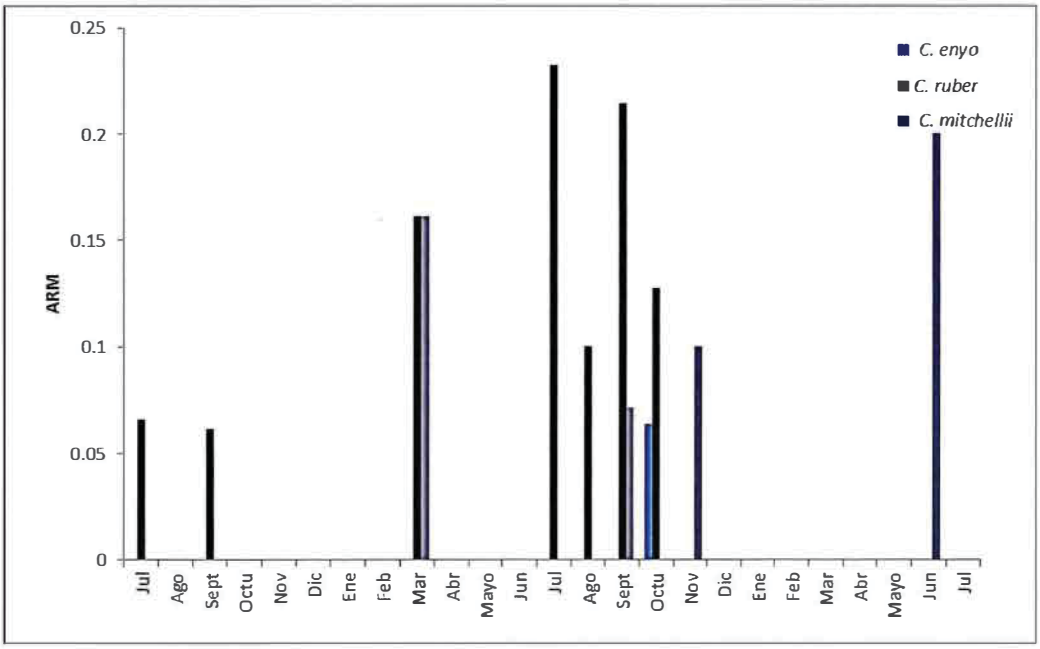

Figura 5. ARM para el ensamble de serpientes encontradas en caminatas nocturnas en el área de estudio durante julio 2010 - julio 2012.

Se observó una mayor abundancia de serpientes en los meses con temperaturas más altas y mayor precipitación (julio-octubre). Otras serpientes como*C. ruber* y *C. mitchellii*presentaron dos picos de actividad, uno en marzo, seguido de otro entre los meses de julio a noviembre. En las búsquedas diurnas, el tiempo total de búsqueda fue 94.25 hrs entre marzo de 2011 y julio de 2012. No se encontraron ejemplares de *C. enyo*.

Adicionalmente a las búsquedas diurnas y nocturnas a pie, se realizó un esfuerzo de muestreo en vehículo, acumulando un total de 8472.3 km recorridos entre agosto de 2011 a julio de 2012, encontrando un total de 14 ejemplares de *C. enyo*(cuatro en agosto de 2011 ARM 0.006; tres en septiembre de 2011 ARM 0.003; cinco en octubre de 2011 ARM 0.003; uno en noviembre de 2011 ARM 0.001, y uno en julio de 2012 ARM 0.001). Comparativamente *C. ruber* presentó en el mes de septiembre de 2011 una ARM de 0.013 con 11 ejemplares y en octubre de 2011 una ARM de 0.005 con ocho ejemplares.

En el caso de *C. mitchellii* se observaron tres ejemplares (uno en septiembre de 2011 ARM 0.003; dos en octubre de 2011 ARM 0.003 y uno en noviembre de 2011 ARM 0.001)(Fig. 6).

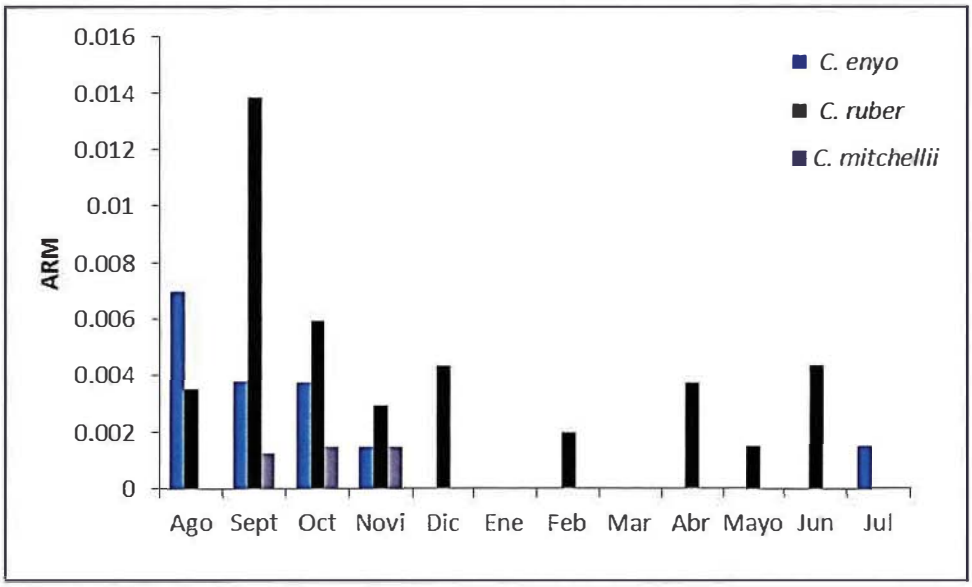

Figura 6. ARM de *Crotalus* sp. encontradas en transecto de carretera en el área de estudio durante agosto 2011-julio 2012.

La abundancia de *C.* enyo varió a través del año. De diciembre a junio se observó una baja o nula abundancia, coincidiendo con las bajas temperaturas y poca precipitación. Mientras que de agosto a noviembre se observó una mayor abundancia, alcanzando su máximo en agosto, esta abundancia coincidiócon la temporada de lluvias y temperaturas altas.

Seis ejemplares de *C. enyo* fueron obtenidos mediante encuentros ocasionales siendo omitidos en el cálculo de abundancia ya que fueron encuentros fortuitos, pero se incluyen en el análisis de uso de hábitat (Fig. 7).

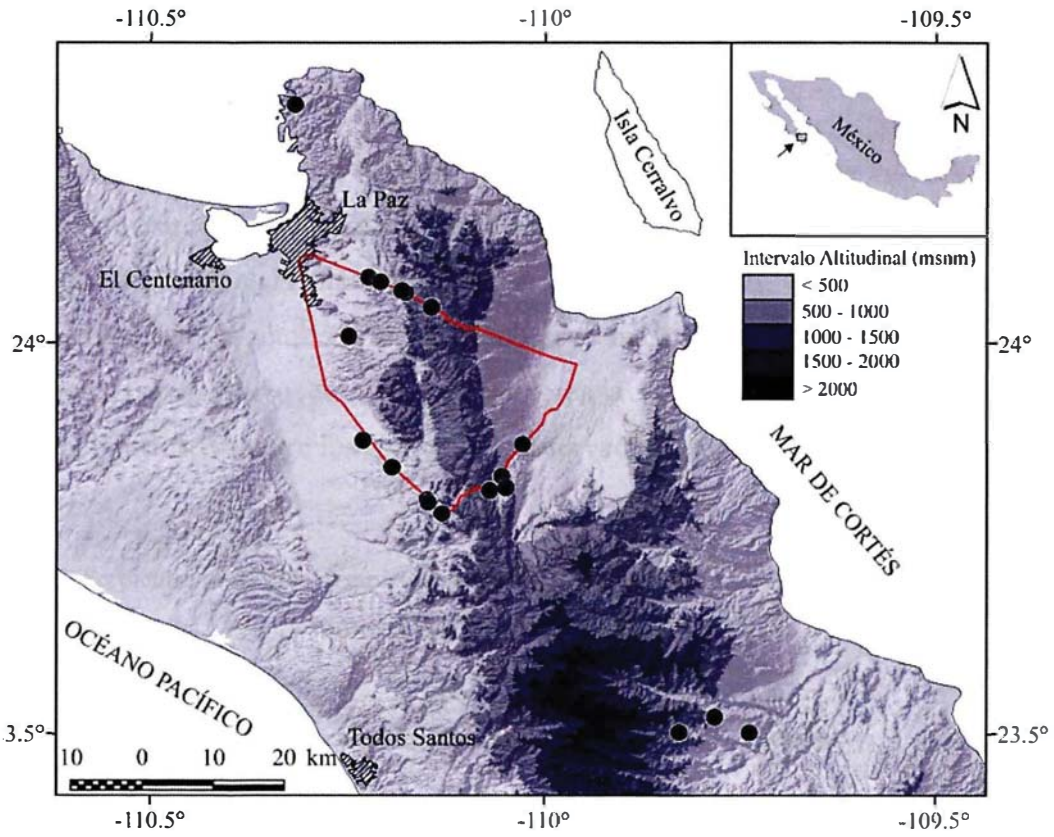

Figura 7. Mapa donde se observan los ejemplares de *C. enyo* (puntos negros) encontrados en caminatas, carretera, ocasionales y el transecto de carretera (en línea roja).

8.2.2. ARM y clima

Debido al bajo número de encuentros en caminatas nocturnas, no se realizaron correlaciones entre las *C. enyo* encontradas y las temperaturas máximas y mínimas promedio, así como con la precipitación total mensual.

Los valores de ARM de *C. enyo* en los recorridos de carreterano mostraron una correlación significativa con la temperatura máxima mensual ($r = 0.32$, $n = 12$, $P > 0.05$), pero si una correlación significativa con la temperatura mínima mensual ($r = 0.59$, $n = 12$, $P < 0.05$), y con la precipitación total mensual ($r = 0.80$, $n = 12$, $P < 0.05$).

8.2.3. Abundancia mensual esperada

A partir de los datos obtenidos del transecto de carretera, se calculó el esfuerzo relativo de muestreo (ERM) y el número de serpientes esperadas (SE) para *C. enyo*, los valores obtenidos en cada mes se muestran en el Cuadro II. *C. enyo* tuvo una mayor actividad entre agosto-octubre ya que se observó más que lo esperado, mientras que los demás meses se mantuvo en números menores a lo esperado (Fig.8). Se obtuvo una diferencia significativa entre los ejemplares observados y esperados ($X^2 = 22.6733$, gl = 11, $P < .0196$).

Cuadro II. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. enyo* en carretera durante agosto 2011-julio 2012.

	2011-2012		
	SO	**SE**	**ERM**
AGO	4	0.95	0.06
SEPT	3	1.31	0.09
OCT	5	2.22	0.15
NOV	1	1.14	0.08
DIC	0	0.76	0.05
ENE	0	0.76	0.05
FEB	0	0.84	0.06
MAR	0	1.25	0.08
ABR	0	1.33	0.09
MAYO	0	1.14	0.08
JUN	0	1.14	0.08
JUL	1	1.14	0.08

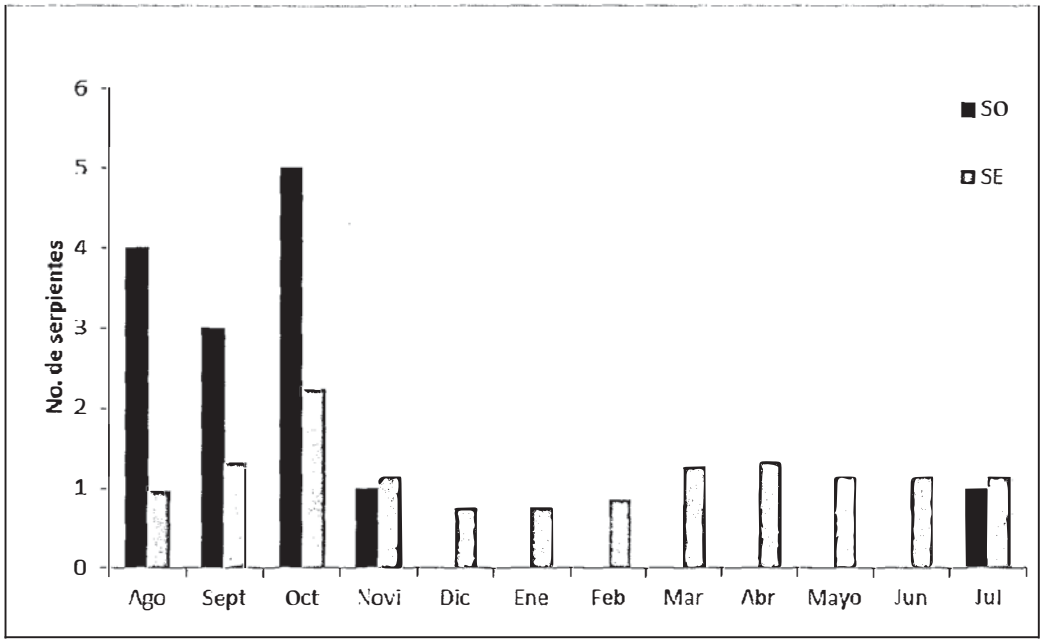

Figura 8. Número de serpientes *C. enyo* observadas y esperadas en transecto de carretera. Se observa una diferencia significativa en los meses de agosto, septiembre y octubre.

8.2.4. Abundancia relativa estacional (ARE)

En la temporada de secas se acumularon un total de 43.09 hrs-búsqueda en caminatas, en las que no se observó ningún ejemplar de *C. enyo*. Por su parte en la temporada de lluvias, se acumuló un total de 89.5 hrs-búsqueda, donde se observó un ejemplar de *C. enyo* con un ARE_{LLUVIA} = 0.01(una serpiente por cada casi 90 hrs de búsqueda (Fig.9).

Hubo diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas ($Z = 2.57$, $P < 0.05$). Dado el bajo número de capturas en caminatas, no realizó el análisis de comparación entre estaciones para *C. enyo*.

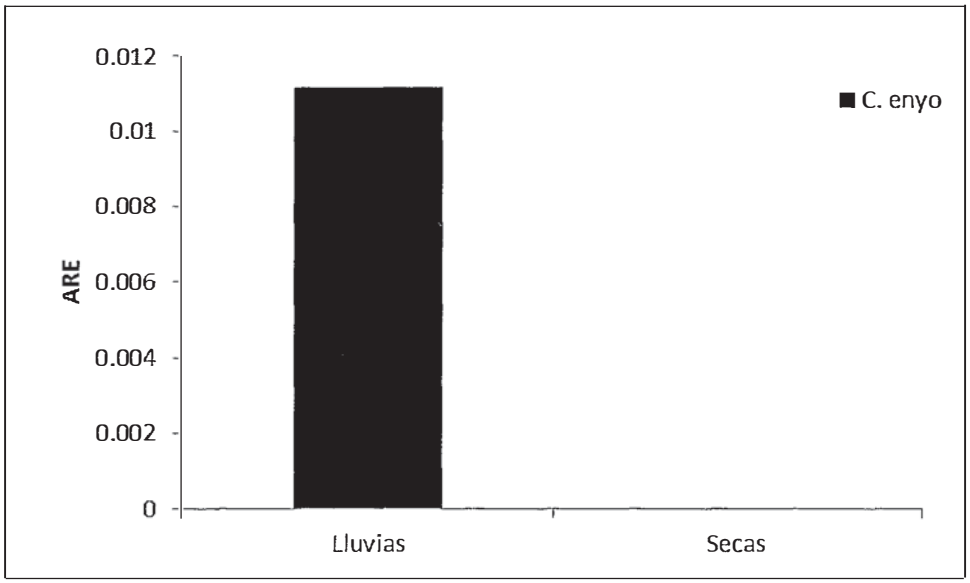

Figura 9. Abundancia relativa estacional de *C. enyo* encontradas en caminatas nocturnas.

Para el transecto de carretera en la temporada de secas, se acumuló un total de 4145 km de búsqueda, en los que se encontró un ejemplar de *C. enyo* (ARE_{SECA}0.0002). Durante la temporada de lluvias se acumuló un total de 4327.3 km de esfuerzo de muestreo, donde se encontraron 13 *C. enyo* (ARE_{LLUVIA}0.003)(un ejemplar por cada 333 km recorridos) (Fig.10).

No se observó diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas (Z = -0.57, P > 0.05). Sin embargo existió diferencia significativa entre el número de *C. enyo* encontradas entre estaciones (X^2= 9.77, gl = 1, P< 0.05).

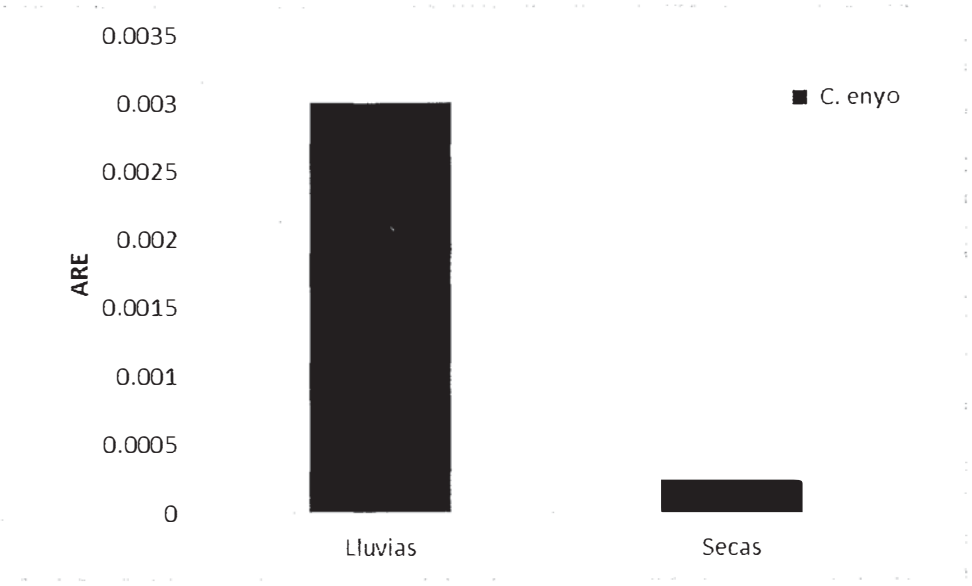

Figura 10. Abundancia relativa estacional de *C. enyo* encontradas en el transecto de carretera por estación.

8.3. Patrón de actividad.

De las 21 *C. enyo* (cinco hembras y 16 machos) encontradas tanto en los transectos realizados a pie, en carretera y encuentros ocasionales entre julio de 2010-julio de 2012, tres ejemplares fueron encontrados en la temporada de secas y 19 en la temporada de lluvias, lo cual muestra un patrón de mayor actividad en la temporada de lluvias (agosto-enero) comparada a la que ocurre durante la seca (febrero-julio). No se observó una correlación significativa entre el número de serpientes capturadas mensualmente y la temperatura promedio ($r = .268$, $n = 25$, $P > 0.05$), así como con la precipitación promedio mensual ($r = .068$, $n = 25$, $P > 0.05$).

El horario en que se encontraron activas durante la temporada de secas, no siguió un patrón ya que los tres ejemplares se encontraron a las 12:00, 18:00 y 1:00 h respectivamente. Durante la temporada de lluvias se observó que son de actividad principalmente crepuscular o nocturna, con un rango de actividad entre las 18:00 y 01:00 de la madrugada. Dos ejemplares (11.11 %) fueron encontrados durante el día, pero se

encontraban refugiados. Todas las hembras fueron encontradas durante la noche. La hora promedio en la que las serpientes fueron encontradas activas fue a las 20:04 hrs. Cabe mencionar que de estos 21 ejemplares, 16 fueron encontrados atropellados, por lo cual no se tiene la hora exacta en la que estaban activos, pero si aproximada ya que varias tenían reflejos al encontrarlas. La temperatura ambiente en la que fueron encontradas fluctúo de los 17.9° C a 30.3° C, siendo el promedio 25.5°C.

De los 21 ejemplares, 15 (71.4 %) fueron encontrados durante la noche, cinco en luna nueva, cuatro en cuarto creciente, una en luna llena y cinco en cuarto menguante. No se observó correlación significativa entre la fase lunar y el número de encuentros de *C. enyo* ($r = 0.068$, $n = 97$, $P > 0.05$).

8.4. Uso de hábitat.

8.4.1 Microhábitat

En el Cuadro III se observan las distintas altitudes a las que se encontraron los ejemplares de *C. enyo*, presentándose un mayor número entre los 400 – 499 msnm, seguido por los 300 – 399 msnm y desapareciendo a partir de los 650 m.

Cuadro III. Frecuencia relativa y número de individuos de *C. enyo* por intervalo de altitud.

Altitud	No. Individuos	FR
0-99	1	0.0476
100-199	0	0
200-299	4	0.1904
300-399	6	0.2857
400-499	8	0.3809
500-599	1	0.0476
600-699	1	0.0476
Total	21	1

Con los datos obtenidos a partir de las líneas de intersección, se determinaron los porcentajes promedios de cada una de las variables (suelo desnudo, roca tipo 1-2-3, herbácea, arbusto, árbol, materia vegetal, suculenta y pendiente), descartando los datos obtenidos con los cuadrantes de $3m^2$, ya que sólo se obtuvieron para tres ejemplares. En el Cuadro IV se observan los promedios generales de cada variable para los 21 ejemplares de *C. enyo.* Se observa que en mayor medida fueron encontrados donde la cobertura arbustiva fue del 23.6 %, seguida por el suelo desnudo con 22.3 % y cobertura arbórea con un 20.8 %, además de encontrarse en pendientes con inclinación de 16.5 %. Se obtuvieron valores bajos para las rocas y suculentas.

Cuadro IV. Promedios de las variables del hábitat presentadas en la región del Cabo donde se encontraron individuos de *C. enyo.*

Abreviatura	Variable	%
SD	Suelo desnudo	22.32
RT1	Roca Tipo 1	2.24
RT2	Roca Tipo 2	1.48
RT3	Roca Tipo 3	1.13
HB	Herbáceas	3.08
AR	Arbustos	23.60
AB	Árboles	20.87
MV	Materia vegetal	6.58
SU	Suculentas	2.14
P	Pendiente	16.50

Con dichos promedios, se construyeron tres matrices de datos, agrupando a las serpientes por sexo (macho vs hembra), sitio de captura (matorral de La Paz vs selva baja) y contenidos estomacales-excretas (con vs sin) para determinar el uso de hábitat.

En el caso de la matriz agrupada por sexo, se observó que las hembras fueron encontradas en mayor medida donde la cobertura arbustiva fue de 26.2 %, seguido por el suelo desnudo con 25 % y cobertura arbórea con 18.04 % y pendientes con una inclinación de 14.8 %. En menor medida se encontraron dondeexistía la presencia de suculentas y rocas, observándose una mayor presencia de RT3. De igual manera, los machos se

encontraron en mayor medida en sitios donde la cobertura arbustiva fue del 22.7 % seguido por el suelo desnudo (21.5 %) y cobertura arbórea (21.7 %). Además se encuentran en sitios con pendientes con 17 % de inclinación (Cuadro V). Se observa que en menor medida se encuentran en sitios con plantas suculentas, materia vegetal y rocas, observándose una mayor presencia de RT1 (Fig. 11).

Cuadro V. Promedios de las variables del hábitat que se presentaron en la región del Cabo donde se encontraron machos y hembras de *C enyo*.

Abreviatura	Variable	Hembra	Macho
SD	Suelo desnudo	25.00	21.51
RT1	Roca Tipo 1	0.95	2.63
RT2	Roca Tipo 2	2.15	1.28
RT3	Roca Tipo 3	2.33	0.77
HB	Herbáceas	3.43	2.98
AR	Arbustos	26.27	22.79
AB	Árboles	18.04	21.73
MV	Materia vegetal	5.27	6.98
SU	Suculentas	1.71	2.27
P	Pendiente	14.81	17.01

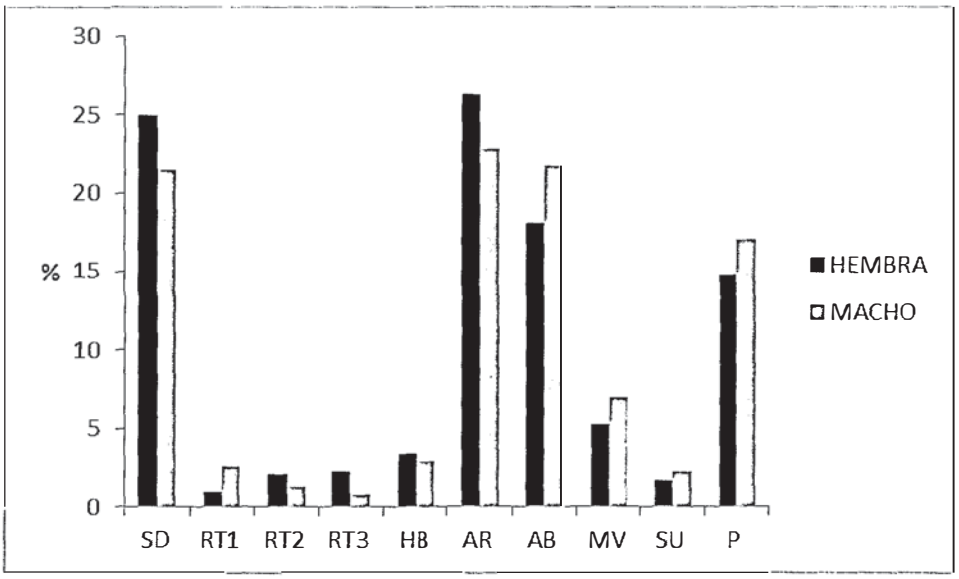

Figura 11. Promedios de las variables que se presentaron en la región del Cabo, donde se encontraron individuos machos y hembras de *C enyo*.

Para la matriz agrupada por sitio de captura, se observa que los ejemplares encontrados en el matorral xerófilo de La Paz (MP) se encuentran en mayor medida donde el suelo desnudo ocupa el 34.1 %, seguido por la cobertura arbustiva con 21.6 % y en menor medida la cobertura arbórea, materia vegetal, plantas suculentas y herbáceas. Las rocas del tipo 1 son las únicas presentes con un 3.2%. La pendientes tuvieron una inclinación del 4.2% (Cuadro VI).

Los ejemplares encontrados en la selva baja, estuvieron asociados en mayor medida la cobertura arbórea con 22.8 %, la arbustiva con 21.6 % y el suelo desnudo con el 19.2 % y pendientes con inclinación de 19.7 %. Las suculentas, herbáceas y material vegetal se presentaron en menor medida, así como las rocas del tipo 1, 2 y 3 (Fig. 12).

Cuadro VI. Promedios de las variables del hábitat presentes en el matorral de La Paz (MP) y la selva baja en la región del Cabo, donde se encontraron individuos de *C. enyo*.

Abreviatura	Variable	MP	Selva
SD	Suelo desnudo	34.10	19.22
RT1	Roca Tipo 1	3.25	1.98
RT2	Roca Tipo 2	0.14	1.84
RT3	Roca Tipo 3	0	1.43
HB	Herbáceas	1.78	3.43
AR	Arbustos	30.89	21.68
AB	Árboles	13.19	22.89
MV	Materia vegetal	7.61	6.31
SU	Suculentas	4.79	1.44
P	Pendiente	4.21	19.73

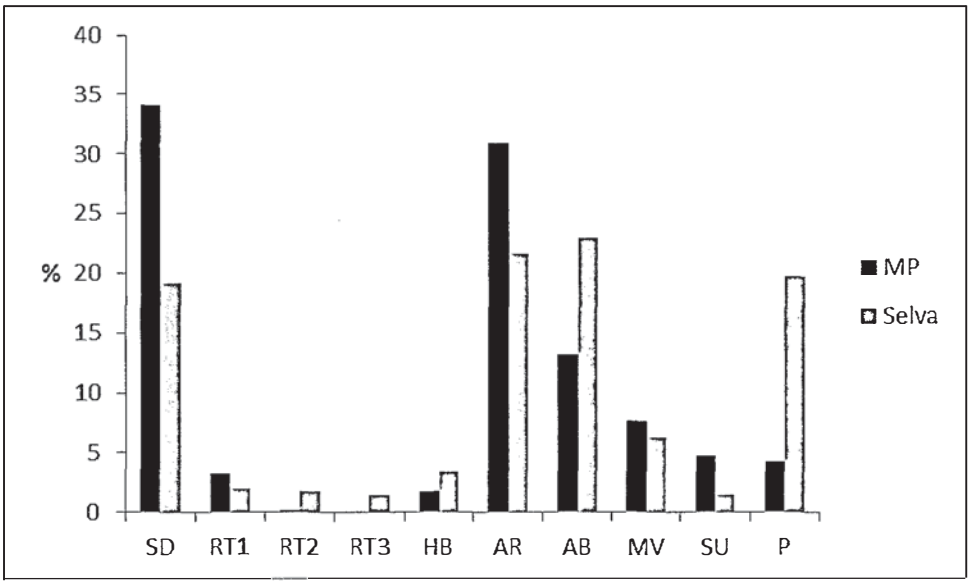

Figura 12. Promedios de las variables que se presentaronen el matorral de la Paz y en la selva baja en la región del Cabo, donde se encontraron individuos de *C. enyo*.

Finalmente, para la matriz agrupada por contenidos estomacales-excretas, se obtuvieron los promedios de cada una de las variables para las serpientes con contenidos estomacales-excretas, observándose que se presentan en sitios con mayor porcentaje de suelo desnudo (28 %), cobertura arbustiva (24.1 %), cobertura arbórea (21 %) y pendientes con inclinación de 12.1 %. Las demás variables presentaron valores bajos, observándose casi nulas las rocas tipo 2 y 3 (Cuadro VII).

En el caso de los ejemplares sin contenidos estomacales-excretas se observó que las variables que se presentaroncon mayor porcentaje fueron la cobertura arbustiva (22.7), cobertura arbórea (20.6 %), suelo desnudo (12.4 %) y materia vegetal (8.9 %). En menor medida estuvieron presentes las herbáceas y plantas suculentas y rocas de los tres tipos, además de presentarse en sitios con pendientes con inclinación de 24 % (Fig. 13).

Cuadro VII. Promedios de las variables del hábitat en donde se encontraron individuos de *C. enyo* con y sin contenidos estomacales-excretas en la región del Cabo.

Abreviatura	Variable	Con	Sin
SD	Suelo desnudo	28.07	12.43
RT1	Roca Tipo 1	2.14	2.43
RT2	Roca Tipo 2	0.46	3.24
RT3	Roca Tipo 3	0.86	1.60
HB	Herbáceas	3.83	1.81
AR	Arbustos	24.10	22.73
AB	Árboles	21.00	20.66
MV	Materia vegetal	5.23	8.90
SU	Suculentas	2.18	2.07
P	Pendiente	12.10	24.08

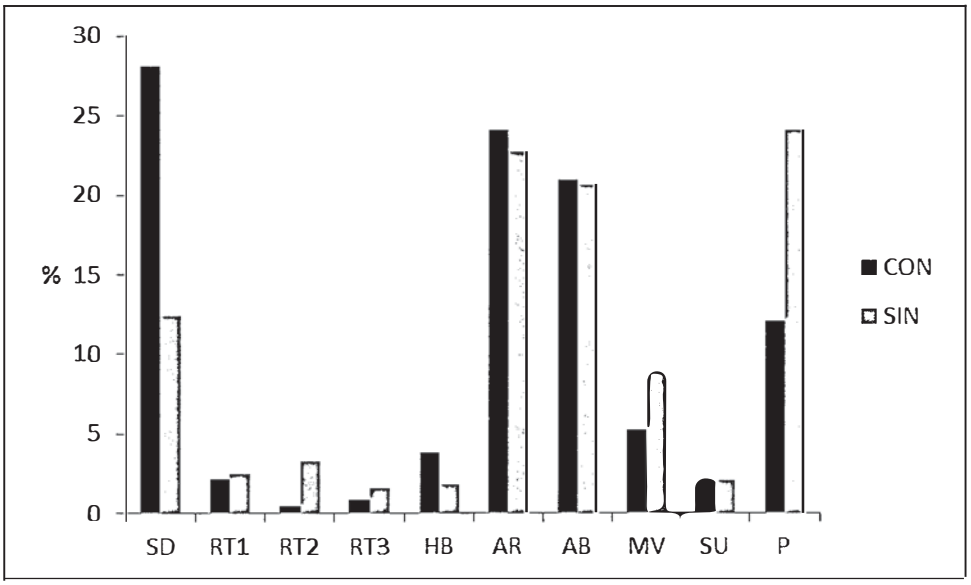

Figura 13. Promedios de las variables que se encontraron en áreas con ejemplares con y sin contenidos estomacales-excretas en la región del Cabo.

8.4.2. Análisis estadístico

8.4.2.1. Prueba preliminar

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov mostró que ninguna de las variables del microhábitat analizadas se ajusta a una distribución normal de probabilidad, por lo cual fueron transformadas con logaritmo natural y normalizadas (Calderón-Mandujano *et al*. 2008).

8.4.2.2. Análisis de Componentes Principales

Los resultados del análisis de componentes principales mostraron que de las 10 variables contempladas para la caracterización del microhábitat, todas fueron importantes, las cuales quedaron agrupadas en cuatro factores (Cuadro VIII). Se tomó como criterio para que un factor se considerara significativo que tuviera un eigenvalor > 1; dentro de cada factor se tomaron como significativas las variables cuya carga era superior a 0.6 (Cuadro IX). Se tomó dicho valor porque el programa STATISTICA da un valor de 0.7 y en la literatura se menciona valores mayores a 0.5 (MacKenzie y Sealy 1981; Goodman *et al.* 2008; Eskew *et al.* 2009).

El análisis explicó el 82.21% de la varianza observada. En la Cuadro (VIII) se resumen los eigenvalor de los factores y sus varianzas.

El Factor 1 fue el más importante, con un eigenvalor de 3.46 y explicó el 34.65% de la varianza total. Las variables más importantes que definieron este factor y explicaron la presencia de *C. enyo* fueron: suelo desnudo, cobertura arbórea y pendiente.

El Factor 2 obtuvo un eigenvalor de 1.92 y explicó el 19.23% de la varianza total. Las variables más importantes que definieron este factor fueron: roca tipo 3, herbácea y cobertura arbustiva.

El Factor 3 con un eigenvalor de 1.54 y explicó el 15.49% de la varianza total. Las variables más importantes que definieron este factor fueron: herbácea y suculenta.

El Factor 4 obtuvo un eigenvalor de 1.28 y explicó el 12.82% de la varianza total. Las variables más importantes que definieron este factor fueron: roca tipo 1, roca tipo 2 y materia vegetal.

Cuadro VIII. % de Varianza y Eigenvalor de cada factor del uso de hábitat de *C. enyo.*

	Eigenvalor	**% Varianza Total**	**Eigenvalor Acumulado**	**% Acumulado**
1	3.465258	34.65258	3.465258	34.65258
2	1.923829	19.23829	5.389088	53.89088
3	1.549558	15.49558	6.938645	69.38645
4	1.282905	12.82905	8.22155	82.2155

Cuadro IX. Carga de cada factor en el Análisis de Componentes Principales del uso de hábitat de *C. enyo.*

Variable	**Factor 1**	**Factor 2**	**Factor 3**	**Factor 4**
SD	**-0.826737**	-0.166276	-0.332734	-0.085467
RT1	0.120324	0.048694	0.025174	**0.885100**
RT2	0.356279	0.214889	0.408939	**0.695325**
RT3	0.348974	**0.690506**	0.039990	0.401383
HB	-0.071241	**0.604662**	**0.625104**	0.041105
AR	0.019441	**-0.956518**	0.060843	-0.042074
AB	**0.722447**	0.439865	-0.389881	0.021956
MV	0.595878	-0.305583	0.101289	**-0.629022**
SU	-0.137791	0.104677	**-0.866374**	-0.089111
P	**0.759934**	-0.148170	0.054423	0.457493

8.4.2.3. Análisis de Funciones Discriminantes

Tomando las variables que fueron significativas en el análisis de componentes principales, se realizó el análisis de funciones discriminantes con los tres tipos de agrupaciones: sexo (hembra - macho), sitio de captura (matorral de La Paz – selva baja) y contenido estomacal – excreta (con – sin) para conocer que variables son las que tienen más peso en la separación del uso de hábitat.

En la agrupación por sexo (hembra-macho), se obtuvo que no hay diferencia significativa en el uso de hábitat (F (10,10) .7566618, $p < 0.6662$) (Cuadro X). Según los resultados de éste análisis ninguna variable resultó significativa para separar las características en el uso de hábitat entre hembras y machos de *C. enyo* ($p \leq 0.05$) (Cuadro XI).

Cuadro X. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre sexos (H-M).

Wilk´s λ	ANOVA	p <
0.5692616	F (10,10) .7566618	0.6662

Cuadro XI. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por sexo (H-M). (* variable significativa, $p \leq 0.05$)

Variable	Wilk´s λ	Partial λ	F	p	Toler.	R^2
SD	0.598427	0.951263	0.512344	0.490502	0.241523	0.758477
RT1	0.687112	0.828485	2.070229	0.180754	0.325934	0.674066
RT2	0.60322	0.943705	0.596532	0.45777	0.248914	0.751086
RT3	0.618842	0.919882	0.870959	0.372675	0.218632	0.781368
HB	0.634255	0.897528	1.141711	0.310405	0.317097	0.682904
AR	0.590072	0.964732	0.365574	0.558895	0.162002	0.837997
AB	0.573046	0.993396	0.066477	0.801765	0.228673	0.771327
MV	0.574005	0.991736	0.083328	0.778732	0.365724	0.634276
SU	0.605904	0.939524	0.643685	0.441029	0.440898	0.559102
P	0.569399	0.999758	0.002419	0.961744	0.378446	0.621554

El análisis mostró una matriz de clasificación donde podemos observar que 60 % de las hembras y 93.75 % de los machos están bien clasificados, con un porcentaje correcto total de 85.71% (Cuadro XII).

Cuadro XII. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre hembras y machos.

Grupo	% Correcto	Hembra p = .23810	Macho p = .76190
Hembra	60	3	2
Macho	93.75	1	15
Total	85.71429	4	17

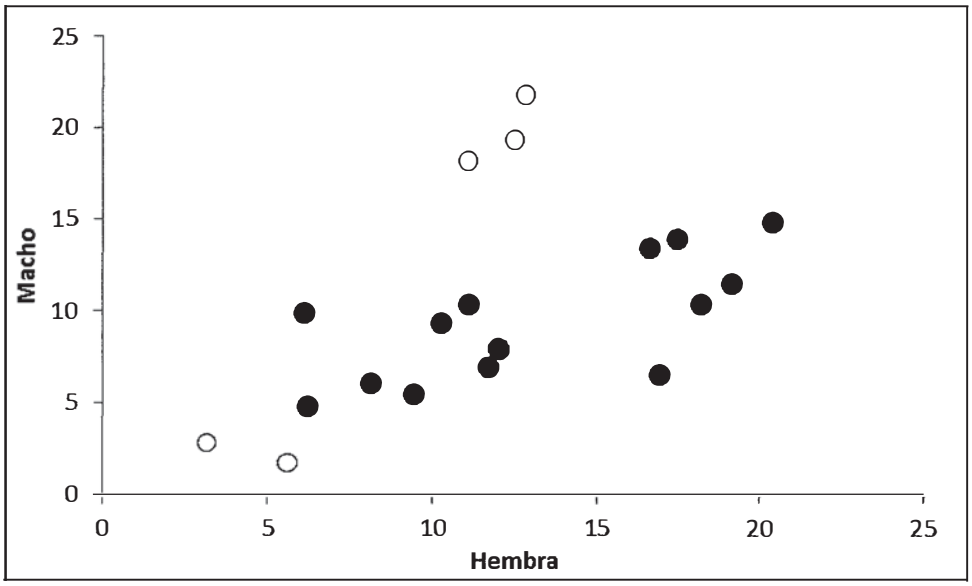

Figura 14. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Hembra vs Macho. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Hembras en gris y Machos en negro).

Posteriormente, mediante un análisis canónico con el que se calculó la correlación de las variables originales con la función discriminante generada, se determinó que las variables que más aportan para la separación en el uso de hábitat son: roca tipo 3, herbáceas, árboles, materia vegetal y pendiente (Cuadro XIII). Sin existir una separación significativa ($X^2 = 7.88$, gl = 10, P > 0.05).

Cuadro XIII. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sexos (H-M). (* mayor correlación)

Variable	Raíz Canónica
SD	0.192847
RT1	-0.208195
RT2	0.130303
*RT3	0.273358
*HB	0.305485
AR	-0.166974
*AB	-0.277159
*MV	-0.221798
SU	0.059308
*P	-0.27506

Para la agrupación por sitio de captura (matorral de La Paz - selva baja) se obtuvo que no hay diferencia significativa en el uso de hábitat (F (10,10) .6195273, p < 0.7688) (Cuadro XIV). Con los resultados de éste análisis ninguna variable resultó significativa para separar el uso de hábitat de *C. enyo* entre el matorral de La Paz y la selva baja ($p \leq 0.05$) (Cuadro XV).

Cuadro XIV. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre sitio de captura (MP-Selva).

Wilk´s λ	ANOVA	p <
0.6174641	F (10,10) .6195273	0.7688

Cuadro XV. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por sitio de captura (MP-Selva). (* variable significativa, $p \leq 0.05$)

Variable	Wilk´s λ	Partial λ	F	p	Toler.	R^2
SD	0.671298	0.919807	0.87185	0.372441	0.245455	0.754545
RT1	0.617522	0.999907	0.000933	0.976228	0.381773	0.618227
RT2	0.620036	0.995852	0.041656	0.84237	0.284751	0.715249
RT3	0.668898	0.923106	0.832988	0.382886	0.235418	0.764582
HB	0.61748	0.999974	0.00026	0.987455	0.331815	0.668185
AR	0.618056	0.999042	0.009588	0.923932	0.17364	0.82636
AB	0.655788	0.94156	0.620667	0.449071	0.248754	0.751246
MV	0.635671	0.971357	0.294874	0.599008	0.349673	0.650327
SU	0.716896	0.861302	1.610332	0.233186	0.434171	0.565829
P	0.630725	0.978975	0.214765	0.65298	0.395277	0.604723

El análisis nos mostró una matriz de clasificación donde podemos observar que 60 % de los individuos capturados en el matorral de La Paz y 100 % de los capturados en selva baja están bien clasificados, con un porcentaje correcto total de 90.47 % (Cuadro XVI).

Cuadro XVI. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre sitio de captura (matorral de la Paz y selva).

Grupo	% Correcto	MP p = .23810	Selva p = .76190
MP	60	3	2
SELVA	100	0	16
Total	90.4762	3	18

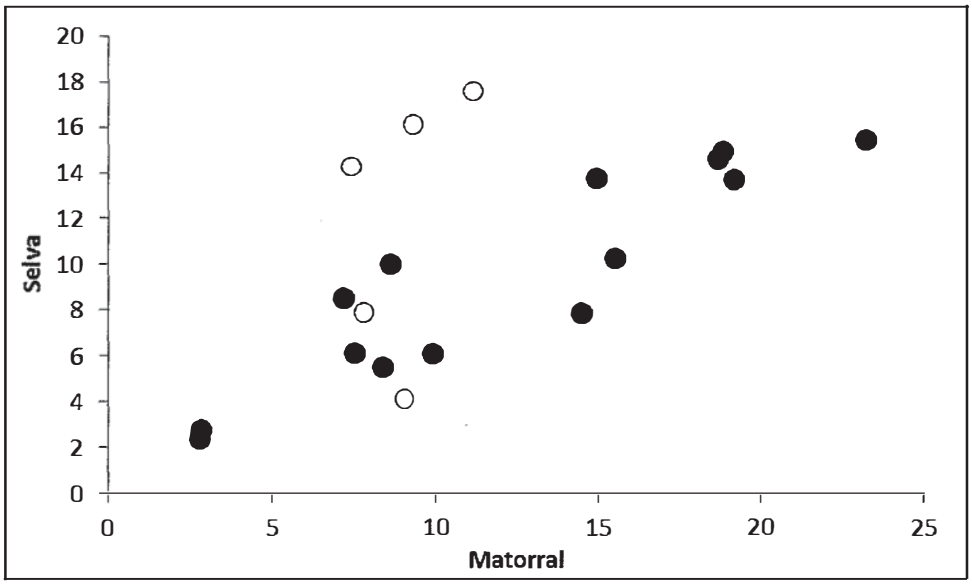

Figura 15. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Matorral vs Selva. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Matorral en gris y Selva en negro).

Posteriormente, mediante un análisis canónico con el que se calculó la correlación de las variables originales con la función discriminante generada, se determinó que las variables que más aportan para la separación en el uso de hábitat entre sitios de captura, sin existir una separación significativa ($X^2 = 6.74$, gl = 10, P > 0.05), son: suelo desnudo, roca tipo 2, roca tipo 3, árboles y pendiente (Cuadro XVII).

Cuadro XVII. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sitio de captura (matorral-selva). (* mayor correlación)

Abreviatura	Variable	Raíz Canónica
*SD	Suelo desnudo	-0.360722
RT1	Roca Tipo 1	0.061507
*RT2	Roca Tipo 2	0.397721
*RT3	Roca Tipo 3	0.464529
HB	Herbáceas	0.094498
AR	Arbustos	-0.302944
*AB	Árboles	0.588294
MV	Materia vegetal	0.142081
SU	Suculentas	-0.352627
*P	Pendiente	0.454029

Por último, para la agrupación contenido estomacal-excreta (con - sin) se determinó que no existe diferencia significativa en el uso de hábitat (F (10,10) 1.135996, $p < 0.4221$) (Cuadro XVIII). Con los resultados de éste análisis, ninguna variable resultó significativa para separar el uso de hábitat de *C. enyo* en base a contenido estomacal-excreta($p \leq 0.05$)(Cuadro XIX).

Cuadro XVIII. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso de hábitat entre individuos con o sin contenido estomacal-excreta.

Wilk´s λ	ANOVA	p <
0.4681658	F (10,10) 1.135996	0.4221

Cuadro XIX. Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar los individuos por contenido-excreta (con-sin). (*variable significativa, $p \leq 0.05$)

Variable	Wilk´s λ	Partial λ	F	p	Toler.	R^2
SD	0.472106	0.991654	0.084162	0.777661	0.735062	0.264938
RT1	0.475452	0.984674	0.155642	0.701484	0.350727	0.649273
RT2	0.557884	0.839181	1.916379	0.196367	0.278412	0.721588
RT3	0.516418	0.906563	1.030672	0.333934	0.343343	0.656657
HB	0.475485	0.984608	0.15633	0.700861	0.348689	0.651311
AR	0.470698	0.99462	0.054088	0.820788	0.189507	0.810493
AB	0.496366	0.943188	0.602344	0.455649	0.22787	0.77213
MV	0.554179	0.844792	1.83724	0.205096	0.383071	0.616929
SU	0.507259	0.922932	0.835031	0.382326	0.508466	0.491534
P	0.472978	0.989826	0.102788	0.755108	0.403827	0.596173

Con este análisis se obtuvo una matriz de clasificación donde podemos observar que el 100 % de los individuos con contenido estomacal - excreta y 71.42 % sin contenido estomacal – excreta están bien clasificados, con un porcentaje correcto total de 90.47 % (Cuadro XX).

Cuadro XX. Matriz de clasificación (%) del uso de hábitat entre individuos clasificados en base a contenido estomacal - excreta (con - sin).

Grupo	% Correcto	Con p = .66667	Sin p = .33333
Con	100	14	0
Sin	71.4286	2	5
Total	90.4762	16	5

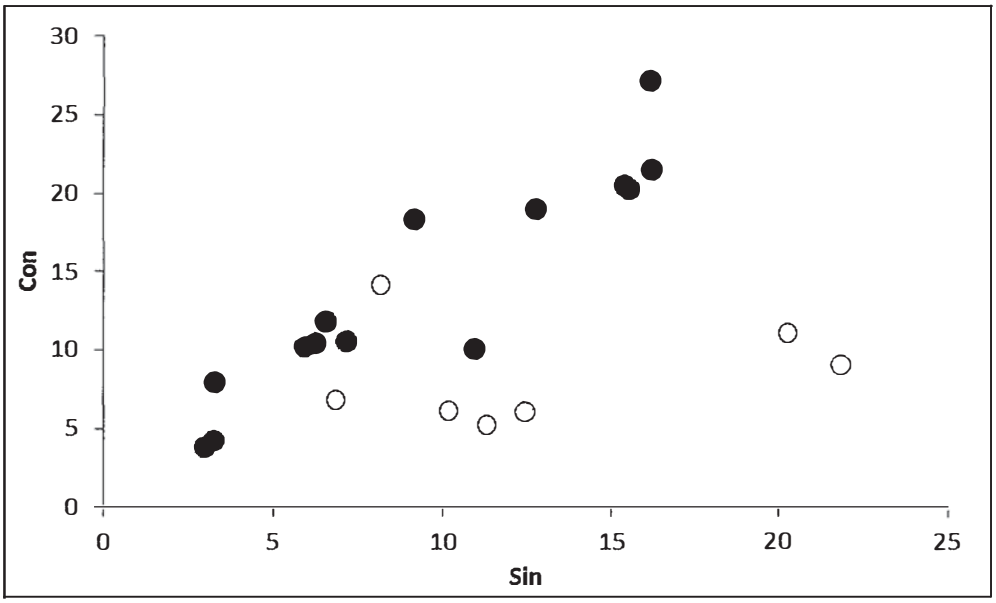

Figura 16. Distancia de Mahalanobis (D^2) para la función discriminante generada al comparar Con vs Sin. Se observa que no hay una completa separación entre grupos. (Sin en gris y Con en negro).

Mediante un análisis canónico con el que se calculó la correlación de las variables originales con la función discriminante generada, se determinó que las variables que más aportan para la separación en el uso de hábitat entre individuos con o sin contenido estomacal – excreta son: roca tipo 2, roca tipo 3, arbustos, materia vegetal y pendiente (Cuadro XXI). No existió una separación significativa en esta agrupación ($X^2 = 10.62$, gl = 10, $P > 0.05$).

Cuadro XXI. Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por contenido estomacal- excreta (Con - Sin). (* mayor correlación r ≥ 0.72)

Abreviatura	Variable	Raíz Canónica
SD	Suelo desnudo	0.141653
RT1	Roca Tipo 1	-0.128957
*RT2	Roca Tipo 2	-0.482432
*RT3	Roca Tipo 3	-0.347189
HB	Herbáceas	0.023204
*AR	Arbustos	-0.148026
AB	Árboles	-0.088998
*MV	Materia vegetal	-0.27925
SU	Suculentas	0.062457
*P	Pendiente	-0.343637

De las tres agrupaciones realizadas, ninguna obtuvo una separación significativa en el uso de hábitat de *C. enyo*, siendo la que mostró mayor separación la agrupada por contenido estomacal – excreta con un valor $p < .4221$.

8.4.3. Macrohábitat

Los sitios donde se realizaron búsquedas a pie de *C. enyo*, así como el transecto de carretera, fueron divididos en tres tipos de hábitat: matorral xerófilo de La Paz, selva baja en las faldas de la serranía de San Antonio y matorral xerófilo de San Juan de Los Planes. En cada uno se caracterizó la vegetación, obteniéndose la abundancia, frecuencia y dominancia relativa, así como el índice de valor de importancia (IVI) por especie, en cada tipo de hábitat.

En el Cuadro XXII se observa la abundancia, frecuencia, dominancia relativa, índice de valor de importancia, altura promedio y forma de vida por especie de planta en el matorral de La Paz. Se observa que el lomboy (arbusto) es la especie con mayor peso ecológico (IVI), seguido por la damiana (herbácea), donde el IVI está dado principalmente por la abundancia y no por su dominancia (cobertura). En este tipo de hábitat se localizaron cinco (5) de los ejemplares, todos machos, tres (3) de los cuales se habían alimentado recientemente.

Cuadro XXII. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en el matorral de La Paz.

Forma de vida	Número	Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI	Altura
AR	1	*Jatropha cinerea*-Lomboy	12.19512195	4.545454545	22.52061338	39.2611899	3.204
HB	2	*Turnera diffusa*-Damiana	25.49019608	4.545454545	2.675121756	32.7107724	0.76
AR	3	*Croton coboensis*	13.23529412	4.545454545	4.940581803	22.7213305	1.68
AR	4	*Fouquieria diguetti*-Palo Adán	4.901960784	4.545454545	12.45001973	21.8974351	3.82
AB	5	*Bursera microphylla*-Torote colorado	7.352941176	4.545454545	9.444704479	21.3431002	2.89
AB	6	*Bursera hindsiana*-Copal	2.450980392	4.545454545	13.36359614	20.3600311	3.12
AR	7	*Colubrina glabra*-Palo colorado	4.901960784	4.545454545	9.574071334	19.0214867	2.74
AR	8	*Esenbeckia flava*-Palo amarillo	2.941176471	4.545454545	11.07996313	18.5665941	3.63
AR	9	*Melochia tomentosa*-Malva Rosa	7.843137255	4.545454545	2.333531655	14.7221235	1.22
HB	10	*Euphorbia xanti*-Liga	4.901960784	4.545454545	2.916606552	12.3640219	1.8
AR	11	*Cassia covesii*-Dais	5.392156863	4.545454545	2.318438855	12.2560503	2.79
AB	12	*Plumeria acutifolia*-Jacalosúchil	2.450980392	4.545454545	2.308323599	9.30475854	4.4
AB	13	*Lysiloma divaricata*-Mauto	0.490196078	4.545454545	1.97130446	7.00695508	4.3
AR	14	Lentejilla	0.980392157	4.545454545	0.594471501	6.1203182	1.6
HB	15	*Calliandra californica*-Tabardillo	0.980392157	4.545454545	0.223003817	5.74885052	1.75
SU	16	*Opuntia* sp.-Nopal	0.490196078	4.545454545	0.569522179	5.6051728	1.5
AR	17	*Viguiera deltoide*-Tacote	0.490196078	4.545454545	0.444775569	5.48042619	2
AB	18	*Cyrtocarpa edulii*-Ciruelo	0.490196078	4.545454545	0.1490799	5.18473052	2.5
AR	19	*Mimosa xantii*-Celosa	0.490196078	4.545454545	0.089016717	5.12466734	1.4
SU	20	*Stenocereus gummosus*-Pitahaya agria	0.490196078	4.545454545	0.024949322	5.08554927	1.1
AR	21	*Solanum hindsianum*-Mariola	0.490196078	4.545454545	0.007700408	5.04335103	0.8
SU	22	*Stenocereus thurberii*-Pitahaya dulce	0.490196078	4.545454545	0.000603712	5.03625434	0.6

En el Cuadro XXIII se observa el peso ecológico (IVI), altura promedio y forma de vida por especie de planta en la selva baja. Se observa que el Lomboy (arbusto) es la especie con mayor peso ecológico (IVI), seguido por *Mimosa braudegeii* (arbusto), donde el IVI está dado principalmente por la abundancia y no por su dominancia (cobertura). En este tipo de hábitat se localizó la mayoría de las serpientes con un total de 16, once (11) machos, ocho (8) recién alimentados, y cinco (5) hembras, de las cuales cuatro (4) se habían alimentado recientemente.

Cuadro XXIII. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en la selva baja en las serranías de San Antonio.

Forma de vida	Número	Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI	Altura
AR	1	*Jatropha cinerea*-Lomboy	19.66292135	5	31.3391728	56.0020942	2.7
AR	2	*Mimosa braudegeii*	25.28089888	5	6.288988011	36.5698869	1.77
AB	3	*Lysiloma divaricata*-Mauto	2.247191011	5	17.11563915	24.3628302	3.9
AR	4	*Tecoma stans*-Palo de Arco	14.04494382	5	5.065532219	24.110476	1.45
AR	5	*Randia obcordata*-Pimientón	3.93258427	5	9.260851859	18.1934361	3.12
AB	6	*Lysiloma candida*-Palo Blanco	1.685393258	5	10.73454078	17.419934	6.3
HB	7	Lentejilla	8.988764045	5	2.364779849	16.3535439	1.31
AR	8	*Fouquieria diguettii*-Palo Adán	2.808988764	5	5.433589846	13.2425786	3.2
SU	9	*Stenocereus thurberii*-Pitahaya dulce	5.617977528	5	1.832520163	12.4504977	2.28
AR	10	*Karwinskia humboldtiana*-Cacachila	1.123595506	5	4.25242806	10.3760236	2.5
SU	11	*Cylindropuntia cholla*-Cholla	3.93258427	5	0.862459958	9.79504423	0.82
AR	12	*Adelia virgata*-Pimientilla	1.123595506	5	3.133827626	9.25742313	5.35
AR	13	*Colubrina glabra*-Palo colorado	1.685393258	5	1.548068034	8.23346129	2.4
AR	14	*Solanum hindsianum*-Mariola	2.808988764	5	0.126267945	7.93525671	0.76
SU	15	*Opuntia molesta*-Clavelina	1.685393258	5	0.027019037	6.7124123	0.4
SU	16	*Pachycereus pringleii*-Cardón	1.123595506	5	0.000908822	6.12450433	0.45
AB	17	*Cyrtocarpa edulii*-Ciruelo	0.561797753	5	0.420330254	5.98212801	3.2
SU	18	*Stenocereus gummosus*-Pitahaya agria	0.561797753	5	0.151318891	5.71311664	1.7
SU	19	*Opuntia* sp. -Nopal	0.561797753	5	0.030703452	5.5925012	0.4
AB	20	*Haematoxylon brasiletto*-Palo Brasil	0.561797753	5	0.011053243	5.572851	0.4

Finalmente, en el Cuadro XXIV se observa el peso ecológico (IVI), altura promedio y forma de vida por especie de planta en el matorral xerófilo de Los Planes. Se observa que la cholla (suculenta) es la especie con mayor peso ecológico (IVI) debido a su abundancia relativa alta (50), seguido por el mezquite (árbol), donde el IVI está dado principalmente por su dominancia (cobertura). A pesar de estar dentro del transecto de carretera, en esté hábitat no se localizó ningún ejemplar de *C. enyo*.

Cuadro XXIV. Peso ecológico (IVI), altura promedio, forma de vida (HB-herbácea, AR-arbustiva, AB-arbórea y SU-suculenta) y número de especies vegetales en el matorral xerófilo de San Juan de los Planes.

Forma de vida	Número	Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI	Altura
SU	1	*Cylindropuntia cholla*-Cholla	50	10	10.4878453	70.4878453	1.07
AB	2	*Prosopis* sp.-Mezquite	3.012048193	10	31.59596128	44.6080095	4.54
HB	3	*Encelia palmeri*	18.07228916	10	9.200206901	37.2724961	0.93
AR	4	*Fouquieria diguettii*-Palo Adán	4.21686747	10	17.28181608	31.4986836	3.32
AR	5	*Jatropha cinerea*-Lomboy	4.21686747	10	13.52569553	27.742563	3.1
SU	6	*Stenocereus gummosus*-Pitahaya agria	7.831325301	10	4.137188291	21.9685136	1.5
AB	7	*Bursera microphylla*-Torote colorado	1.204819277	10	10.67275262	21.8775719	4.9
SU	8	*Pachycereus pringleii*-Cardón	6.024096386	10	0.233996241	16.2580926	2.16
AR	9	*Colubrina glabra*-Palo colorado	3.614457831	10	2.517302565	16.1317604	1.36
AR	10	*Solanum hindsianum*-Mariola	1.807228916	10	0.34723519	12.1544641	1.03

La riqueza de especies de cada tipo de hábitat se calculó mediante el Índice de Margalef. Con el propósito de conocer que tan homogéneos o heterogéneos era cada uno de los tipos de hábitat, se calculó el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener, Simpson y Equidad. Además se calculó la altura y cobertura promedio de la vegetación por cada sitio.

Cuadro XXV. Índices de riqueza, diversidad, altura y cobertura promedio por tipo de hábitat.

	Matorral de la Paz	**Selva**	**Matorral de los Planes**
Shannon	2.450579492	2.336138311	1.642755836
Simpson	0.00020686	0.000227561	0.000137153
Equidad	0.792800335	0.779822126	0.713439794
Margalef	9.092364785	8.433750333	4.053856679
Alturas	2.07 m	2.05 m	1.49 m
Cobertura	3.12 m^2	3.57 m^2	1.93 m^2

En el Cuadro XXV se observa que el hábitat matorral xerófilo de La Paz, es el hábitat con mayor riqueza de especies (9.09-Margalef), mayor diversidad de especies (2.45-Shannon) y mayor equidad (.7928). El hábitat más heterogéneo fue la selva baja en las faldas de la sierra (0.00022-Simpson). Se observa que la selva baja es el hábitat que

presenta mayor cobertura vegetal promedio por especie y su altura promedio es muy similar a la del matorral de La Paz. Mientras que el matorral de Los Planes tiene la menor cobertura y altura promedio de los tres tipos de hábitat.

Con la finalidad de conocer la semejanza florística entre hábitats se utilizó el Coeficiente de Sorensen, que se basa en la presencia ausencia de especies entre dos sistemas. Donde se observa la mayor similitud entre el matorral xerófilo de La Paz y la selva baja, seguida por la selva baja y el matorral xerófilo de Los Planes (Cuadro XXVI).

Cuadro XXVI. Coeficiente de Sorensen entre los tres tipos de hábitat.

Hábitat	Sorensen
Matorral de La Paz - Selva	47.61904762
Matorral de La Paz - Matorral de Los Planes	43.75
Selva - Matorral de Los Planes	46.66666667

8.5. Dieta

8.5.1. Contenidos y Excretas

De los muestreos entre 2010 – 2012 se examinaron 21 serpientes en búsqueda de contenidos estomacales y excretas, de las cuales cinco (5) estaban vivas y 16 muertas. Se detectaron muestras en 15 (71.42 %) de los 21 ejemplares. Se obtuvieron dos (9.52 %) contenidos estomacales, ambos en ejemplares machos, las excretas se presentaron en 13 (61. 90 %) ejemplares, nueve (9) machos y cuatro (4) hembras.

El intervalo de longitud hocico – cloaca (LHC) de los individuos con contenidos estomacales y excretas fue de 410 – 744 mm (media de 601 mm, desv. est. de 103 mm), el intervalo para individuos con contenidos estomacales fue de 600 – 610 mm (media de 605

mm, desv. est. 7 mm) y el intervalo para individuos con excretas fue de 410 – 744 mm (media de 600 mm, desv. est. de 110 mm).

En dos contenidos estomacales se encontraron restos del roedor *Chaetodipus spinatus*, ingeridos en dirección cefálica. De las 13 excretas obtenidas, dos muestras contenían dos tipos de presas pertenecientes a dos taxones (mamífero y reptil), ambas con *C. spinatus* y *Ctenosaura hemilopha*. De las 11 restantes, 10 contenían al roedor *C. spinatus* y una con la lagartija *Sceloporus hunsakerii*. Tanto la *C. hemilopha* y *S. hunsakerii* representan nuevos registros en la dieta de *C. enyo*.

En la temporada de secas se encontraron dos serpientes con excretas, ambas con roedores. Durante la temporada de lluvias se encontraron dos ejemplares con contenidos estomacales (mamíferos) y 11 con excretas, 11 con restos de mamífero y tres con reptiles (Fig. 17).

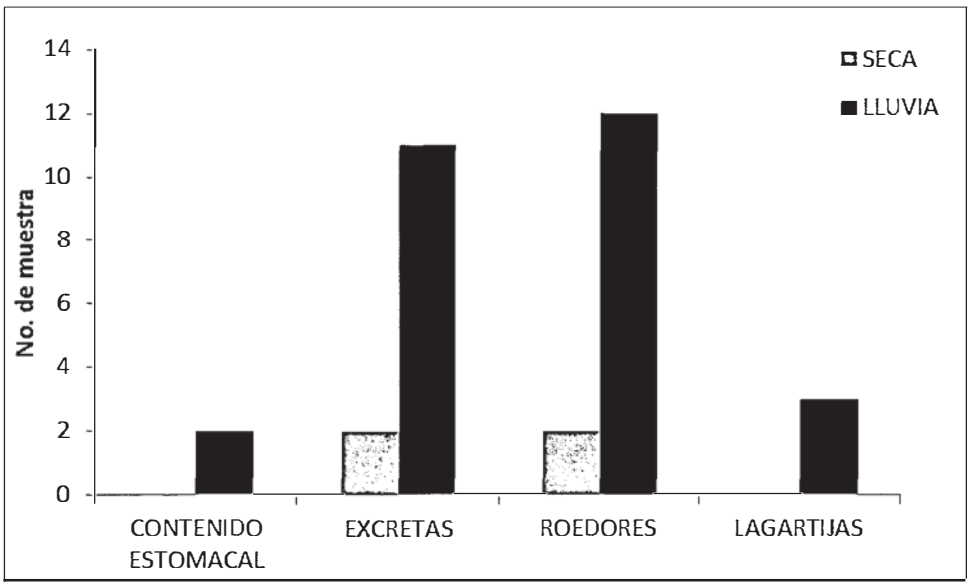

Figura 17. Contenidos y excretas agrupados por taxón y estación.

Al agrupar la proporción de serpientes con contenidos estomacales y excretas por estación, se observó que *C. enyo* no presenta diferencia significativa en la actividad de forrajeo ($X^2 = 0.01$, gl = 1, $P > 0.05$), por lo que se asume que la proporción de alimentación entre temporadas es igual.

En el Cuadro XXVII se observa la frecuencia de ocurrencia y porcentaje de aparición de los taxones que comprenden la dieta de *C. enyo*, donde se observa que los mamíferos comprenden 86.66% de la dieta con 14 apariciones y los reptiles el 13.33% con tres apariciones.

Cuadro XXVII. Frecuencia de ocurrencia (FO) y porcentaje de aparición (PA) de los taxones que comprenden la dieta de *C. enyo*. (*dos de las muestras con dos taxones).

	Contenido Estomacal	Excreta	Frecuencia	FO %	Apariciones	PA %
Mamífero			**12***	**86.66**	**14**	**82.35**
Chaetodipus spinatus	2	12	14	93.33	14	82.35
Reptil			**3**	**13.33**	**3**	**17.64**
Ctenosaura hemilopha	0	2	2	13.33	2	11.76
Sceloporus hunsakerii	0	1	1	6.66	1	5.88
Total	**2**	**13**	**15**	**100**	**17**	**100**

5.2 Comparación de dieta entre grupos

En el Cuadro XXVIII se muestra el resumen de las presas encontradas tanto en contenidos estomacales y excretas, se observa su frecuencia de aparición al clasificar a las serpientes por su sexo, temporada y sitio de captura. Al buscar diferencias en la dieta entre clases de cada grupo, se observó que no existen diferencias significativas en la dieta de *C. enyo* entre sexos, temporadas y hábitats.

Cuadro XVIII. Frecuencia de aparición del tipo de presa en contenidos y excretas al clasificar las serpientes por sexo, temporada y hábitat. Se muestran valores de Chi – cuadrada (X^2) su nivel de significancia (*P*). (n = número de individuos, L = lagartijas, R = ratón)

		n	L	R	X^2	*P*
SEXO	Macho	11	2	10	0.03	p > 0.05
	Hembra	4	1	4		
TEMPORADA	SECA	2	0	2	0.049	p > 0.05
	LLUVIA	13	3	12		
HÁBITAT	Matorral	3	1	3	0.19	p > 0.05
	Selva	12	2	11		

Finalmente, se obtuvo que no existe diferencia significativa (Z = 1.13, *P*> .05) entre el tamaño (LHC) de la serpientes que se alimentan de ratones y de aquellas que lo hacen de lagartijas (Cuadro XXIX) (Fig. 18).

Cuadro XXIX. Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico – cloaca (mm) de las serpientes que se alimentan de lagartijas y ratones.

	n	Promedio	D. E.	Min	Max
Lagartijas	3	665	34	626	690
Ratones	14	587	108	410	744

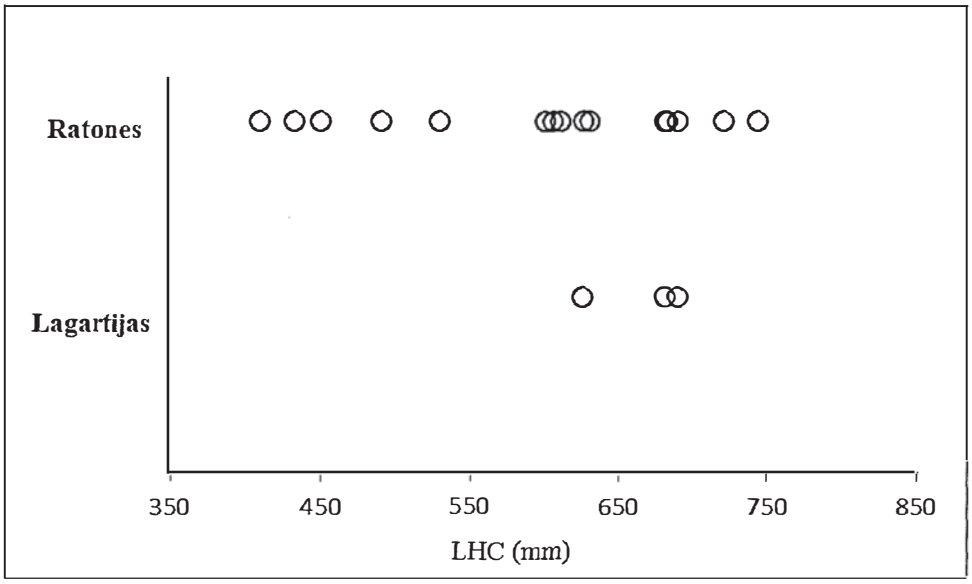

Figura 18. Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes que se alimentan de lagartijas y ratones.

9. DISCUSIÓN

9.1. Abundancia de *C. enyo*

Durante los muestreos realizados en las búsquedas a pie nocturnas y diurnas, se obtuvo diferencia en el esfuerzo de búsqueda entre meses, a pesar de contar con un horario establecido, debido a que en algunas salidas, la toma de los datos biológicos al manejar las serpientes redujo el tiempo disponible de búsqueda y a que en algunas ocasiones el acceso a los sitios, así como la búsqueda, fue complicada debido a lo inaccesible del terreno, la vegetación densa y pendientes pronunciadas con rocas sueltas.

Otra causa que pudo influir en los valores de ARM obtenidos en caminatas, fue el método de muestreo, que consistió en un método visual (número de serpientes observadas por hora de búsqueda), ya que diferentes personas participaron en los muestreos. Es posible que las capacidades de detección de serpientes por parte de los observadores haya contribuido en la variación de datos, así como la diferente probabilidad de encuentro debido a los distintos tamaños, colores, microhábitat y hábitos de las serpientes (Fitch 1993b; Oliveira y Martins 2001; Ávila-Villegas 2005).

El bajo número de encuentros de *C. enyo* en el muestreo nocturno a pie pudodebersea la dificultad para localizar los individuos en campo, ya que poseen una coloración críptica que los confunde con el sustrato (Lowe y Norris 1954; Oliveira y Martins 2001; Weaver 2008). El único ejemplar encontrado permaneció enroscado y sin sonar el cascabel al momento del encuentro, por lo que fácilmente se pudo pasar por alto a otros ejemplares durante las búsquedas. Esta observación concuerda con la descripción del encuentro de un ejemplar por parte de Lowe y Norris (1954), pero a su vez difiere de las de Grismer (2002),quien menciona que todos los ejemplares observados se encontraban

desplazándose y los únicos que encontró enroscados fueron en la Isla Cerralvo. Adicionalmente, se observó en cuatro ejemplares mantenidos en cautiverio en el CIBNOR, permanecer inmóviles y sin sonar el cascabel a pesar de la proximidad del manejador,lo que sugiere que es una especie que se fía de su buen camuflaje. Se observó igualmente en repetidas ocasiones a los ejemplares inmóviles con la mitad del cuerpo elevada por encima del suelo, tal vez para tener una mayor visibilidad, ya que es una especie que se distingue por poseer una cabeza pequeña en relación al tamaño del cuerpo y los ojos grandes, y a la cual se le atribuye un forrajeo activo (Klauber 1931; Armstrong y Murphy 1979; Grismer 2002).

Los valores obtenidos de abundancia mensual esperada, en los recorridos en carretera, mostraron una mayor abundancia en los meses de agosto-octubre, ya que se observó un mayor número de ejemplares en relación a lo esperado. Esto concuerda con lo señalado por Klauber (1931) y Armstrong y Murphy (1979), quienes mencionan que *C. enyo* es una serpiente principalmente nocturna, y su mayor actividad es a principios de otoño, cuando es comúnmente encontrada cruzando carreteras. Pero difiere a lo observado por Grismer (2002), que menciona que en la región del Cabo es activa durante todo el año, con una mínima actividad durante diciembre y enero, y que puede ser observada tanto al amanecer como al anochecer (Van Denburgh y Slevin 1921). Durante este estudio no se observaron ejemplares activos fuera de la temporada de lluvias ni durante el día.

Armstrong y Murphy (1979) mencionan que *C. enyo* es una serpiente común en la región del Cabo, y señalan los sitios donde encontraron ejemplares, entre ellos San Antonio a 43 km al sur de La Paz, localidad donde en este estudio se realizaron búsquedas a pie sin éxito, y también pertenece al transecto de carretera, donde fueron encontrados tres ejemplares atropellados. Lowe y Norris (1954) encontraron ejemplares en sitios similares donde se realizaron caminatas sin éxito, como La Paz, San Bartolo, Miraflores, San Antonio, San Pedro y Todos Santos.

Los valores de ARM en recorridos de carretera, mostraron una correlación significativa con la temperatura mínima promedio mensual y con la precipitación promedio mensual, lo que sugiere que la actividad de *C. enyo* está definida por temperaturas cálidas y aumento de la precipitación, característico del clima en verano y principios de otoño en la región del Cabo (Armstrong y Murphy 1979).

Van Denburgh y Slevin (1921) mencionan que *C. enyo* fue la especie más abundante de las víboras de cascabel encontradas en la región del Cabo durante sus muestreos, la mayoría de las veces cerca de asentamientos humanos. Esta observación puede deberse a los sitios de búsqueda y a la temporada de dicho muestreo (junio-septiembre), que coincide con los meses de mayor actividad de *C. enyo.* Pero difiere a los valores de abundancia obtenidos en este estudio, ya que *C. ruber* fue la especie más abundante, seguida por *C. enyo* y en último lugar *C. mitchellii*. Esto puede deberse a que *C. ruber* es una especie generalista, por lo que puede encontrarse en todos los hábitats disponibles en la región del Cabo, y a su talla grande, que le permite desplazarse más que otras especies (Dougan y Hayes 2012). Mientras que, *C. mitchellii* está asociada a sitios rocosos y permanece mayor tiempo en un sitio para emboscar a sus presas, por lo cual aparentemente no cruza regularmente las carreteras, en cambio, *C. enyo* presenta un forrajeo activo como lo sugiere Grismer (2002), por lo que es más factible que se le encuentre al cruzar los caminos.

Ya que no se obtuvo diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo en carretera entre temporadas (secas-lluvias), pero si entre el número de *C. enyo* encontradas entre temporadas, se asume que la actividad de *C. enyo* en la región del Cabo se restringe a la temporada de lluvias. Este resultado concuerda con lo observado por Murillo-Quero (2009) donde determinó que la mayor abundancia de *C. ruber* es durante la temporada de lluvias (0.75 serpientes/horas hombre de búsqueda) en El Mogote, área localizada al norte de La Paz, aún dentro de la región del Cabo.

Klauber (1931) trabajo con ocho ejemplares vivos de *C. enyo* de los 30 disponibles, para describir su morfología; Taylor (2001) analizo la dietade 113 especímenes de *C. enyo* provenientes de museos y colecciones; Goldberg y Beaman (2003) trabajaron con 44 ejemplares de *C. enyo*, para describir su ciclo reproductivo, también de museos y colecciones; mientras que en este estudio se encontraron 21 ejemplares, de los cuales 16 estaban recién atropellados y cinco fueron encontrados vivos. Esto demuestra la dificultad para observar ejemplares vivos de esta especie.

Fahrig y Rytwinski (2009) analizaron el efecto de las carreteras sobre la abundancia de vertebrados, con base en 79 estudios que incluyeron a 131 especies, encontraron 114 respuestas negativas, 22 positivas y 56 no mostraron efecto alguno; siendo las especies de anfibios y reptiles las que mostraron efectos negativos, con disminución en sus abundancias en sitios altamente transitados. Teniendo esto como base, podemos suponer que *C. enyo* presenta un efecto negativo en la abundancia de las poblaciones que se distribuyen en la región del Cabo, ya que de los 21 ejemplares observados, 16 murieron por atropellamiento; así como otras varias especies de serpientes encontradas durante el estudio.

9.2. Patrón de Actividad

Con los resultados obtenidos mediante los análisis de abundancia, se observó que *C. enyo* mostró un patrón de actividad unimodal, con un solo pico a lo largo de su periodo de actividad en los meses de julio-noviembre (Gibbons y Semlitsh 1987). Esto coincide con los patrones de actividad de otras cascabeles como *C. catalinensis* en la Isla Santa Catalina, *C. atrox*, *C. molossus* y *C. tigris* en Arizona, *C. adamanteus*, en Florida, *C. mitchellii* y *C. cerastes* en California, (Moore 1987; Beck 1995; Timmerman 1995; Ávila-Villegas 2005).

El incremento de actividad de una serpiente se asocia a los movimientos de los sitios de hibernación a las áreas de alimentación y de regreso, al uso y selección de hábitat asociado al forrajeo, o a diferencias sexuales en el comportamiento, principalmente en el periodo reproductivo (Gibbons y Semlitsh 1987). Beck (1995) observó que *C. atrox, C. molossus* y *C. tigris* tienen un incremento de actividad asociado a un cambio en el uso de hábitat desplazándose desde zonas rocosas en los meses fríos hacia áreas abiertas durante los meses cálidos, cuando incrementa su actividad de forrajeo. Mientras que Timmerman (1995) y Greene (1997) señalan que el incremento de actividad de *C. atrox* y *C. molossus* se debe a la actividad reproductiva, cuando se da la búsqueda de hembras receptivas por parte de los machos. Moore (1987) observó que el aumento de actividad de *C. cerastes* y *C. mitchellii* se debió a un aumento en su búsqueda de alimento.

En el caso de *C. enyo,* el aumento de actividad aparentemente se debió en parte a la búsqueda de alimento, ya que la mayoría de los ejemplares encontrados se habían alimentado recientemente. Con respecto al incremento en actividad asociado a la reproducción, debe descartarse, ya que las observaciones realizadas por Grismer (2002) y el estudio realizado por Goldberg y Beaman (2003), sugieren que los apareamientos ocurren tentativamente durante la primavera, aun así no se observó actividad en dichos meses.

Armstrong y Murphy (1979) señalan que *C. enyo* es nocturna una buena porción del año y parece alcanzar el pico de su periodo de actividad a principios de otoño, que es cuando comúnmente es encontrada cruzando las carreteras durante la noche. Lo cual coincide con nuestras observaciones, ya que 15 de los ejemplares fueron encontrados durante la noche, siendo el promedio de la hora de actividad las 20:04 h. Aunque muchas serpientes del género *Crotalus* y *Sistrurus* muestran actividad diurna durante los meses más fríos y cambian su actividad a nocturna durante los meses cálidos, no se observó este comportamiento en *C. enyo*, ya que durante los meses fríos los ejemplares observados, fueron encontrados refugiados bajos pilas de materia vegetal en descomposición.

Goldberg y Beaman (2003) analizaron 44 ejemplares de *C. enyo* para determinar su ciclo reproductivo, encontrando que es similar al de otras cascabeles de Norte América, teniendo ovulación y regresión testicular en primavera, lo que sugiere que en esos meses ocurre el apareamiento, y la espermogénesis así como los nacimientos ocurren a finales del verano y principios de otoño. Ellos señalan que son necesarias observaciones de campo para determinar cuando ocurre el apareamiento. Con estos resultados esperaríamos encontrar a los machos desplazándose en primavera en busca de hembras, y encontrar crías durante el otoño, pero no sucedió así, ya que sólo obtuvimos un ejemplar en primavera y el resto durante verano y otoño, de éstos, todos adultos.

Goldberg y Beaman (2003) encontraron una hembra con un solo embrión bien formado en el mes de agosto, lo que muestra el tamaño mínimo de camada; la presencia de hembras reproductivamente inactivas sugiere que sólo una parte de la población de hembras se reproduce en un año en particular. Al no estar activas reproductivamente, pueden presentar menor actividad y desplazamiento que los machos. Es plausible que durante periodos de abundancia *C. enyo* se reproduzcaanualmente y con menos frecuencia si los recursos son escasos. Debido a las bajas precipitaciones que se presentaron durante el 2010-2011 y el primer semestre de 2012, es posible que las poblaciones en la región del Cabo no hayan tenido reproducción en dichos años, ya que no se observaron neonatos ni juveniles (Parker y Anderson 2007).

9.3. Uso de Hábitat

Durante el presente estudio se encontraron ejemplares de *C. enyo* desde el nivel del mar hasta los 629 msnm, con un mayor número de encuentros entre los 400-499 msnm, que es donde se encuentra concentrada la mayor parte de vegetación de selva seca en la región del Cabo (Arriaga y Ortega 1988; Arriaga 2010), y concuerda con las observaciones hechas

por Grismer (2002), que menciona que no fueron encontrados ejemplares a más de 800 msnm, donde comienza el ecotono con el bosque de encino en la Sierra La Laguna.

Respecto a las características del hábitat, *C. enyo* se encontró en mayor medida relacionado con áreas con cobertura arbustiva, seguido por la presencia de suelo desnudo, cobertura arbórea y pendientes con inclinación de 16.5%, además de la presencia de los tres tipos de rocas en bajos porcentajes, así como deplantas suculentas, herbáceas y materia vegetal. Esto difiere a lo observado por varios autores, que mencionan que desde el sur de la ciudad de La Paz hasta San José del Cabo, *C. enyo* se encuentra en los sitios áridos con abundancia de cactáceas, arbustos xerofíticos y abundantes rocas (Klauber 1972; Armstrong y Murphy 1979; Grismer 2002; Campbell y Lamar 2004). Lowe y Norris (1954) resaltan que *C. enyo* es comúnmente encontrada en zonas rocosas.

Al agrupar la matriz de datos por sexos, se observó que las hembras fueronencontradas en sitios con alta proporción de cobertura arbustiva, seguida por suelo desnudo, cobertura arbórea con pendientes de 14.8% y en menor medida plantas suculentas y rocas, con presencia de rocas tipo 3. Los machos fueron encontrados en áreascon cobertura arbustiva, seguida por suelo desnudo, cobertura arbórea, pero sitios con mayor pendiente (17%). En menor medida las plantas suculentas, materia vegetal y rocas, destacando las tipo 1.

Los análisis realizados a través de funciones discriminantes (AFD) mostraron que no existe una diferencia significativa en el uso de hábitat entre sexos. En el análisis canónico, se determinó que las variables que más aportan para diferenciar el hábitat entre sexos fueron: RT3, herbácea, árboles, materia vegetal y pendiente, lo cual concuerda con estudios realizados con el género *Crotalus*, donde no existió diferencia en el uso de hábitat entre hembras no grávidas y machos, pero si entre hembras grávidas y los dos anteriores (Reinert 1984b; Reinert y Zappalorti 1988; Ávila-Villegas 2005;Bisell 2006; Parker y

Anderson 2007; Schantz 2009). No se encontró separación en el uso de hábitat como era de esperarse ya que durante este estudio no se encontraron hembras grávidas.

Si observamos, las variables que separan el hábitat entre sexos, existe un gradiente que va de sitios con cobertura de herbáceas y rocas tipo 3 a sitios con cobertura arbórea, más materia vegetal y mayor pendiente. Los centroides de las hembras se encuentran en los sitios más descubiertos y los machos en los sitios con mayor cobertura y pendiente. Esto se debe, a que las hembras se alejan menos de los sitios donde dan a luz (maternidades), que son sitios más descubiertos, con menor pendiente, que reciben mayor radiación solar y por lo tanto más calor, así como menor variación térmica, esto para desarrollar más rápido los embriones; así como rocas grandes para esconderse y dar a luz en las oquedades y grietas formadas entre ellas, característico de serpientes vivíparas; mientras que los machos pueden buscar refugios más cubiertos sin importar que tengan mayor variación térmica (Reinert y Kodrich 1982; Oliveira y Martins 2001; Parker y Anderson 2007). Los resultados indican que *C. enyo* en general utiliza zonas con mayor cobertura vegetal, pero requiere sitios abiertos para termoregular, ya sea para digerir presas o para el desarrollo de los embriones (Reinert 1984b).

Al separar la matriz de datos por sitios de captura, se observa que los organismos encontrados en el matorral usan en mayor medida el suelo desnudo (34.1%), cobertura arbustiva (21.6%), cobertura arbórea (13.1%), materia vegetal, suculentas y herbáceas, rocas tipo 1 (3.2%) y pendiente (4.2%). Mientras tanto, los ejemplares encontrados en selva usan en mayor medida la cobertura arbórea (22.8%), arbustiva (21.6%), suelo desnudo (19.2%) y pendiente (19.7%). Las suculentas, herbáceas y materia vegetal son usadas en menor medida, las rocas de los tres tipos son usadas en magnitud similar.

Al analizar los datos por medio del AFD, se obtuvo que no existe una diferencia significativa en el uso de hábitat por parte de *C. enyo* entre la selva y el matorral, ya que

ninguna variable resulto significativa para separar el uso de hábitat. Al realizar un análisis canónico se obtuvo que las variables que más aportan en la diferenciación de hábitat son: suelo desnudo, roca tipo 2, roca tipo 3, árboles y pendiente. Se observa que con dichas variables se crea un gradiente que va de sitios completamente descubiertos, sólo suelo desnudo, a sitios rocosos con cobertura arbórea y mayor pendiente. Los centroides de los ejemplares encontrados en el matorral se encuentran en sitios prácticamente sin cobertura, mientras que los centroides de los ejemplares encontrados en la selva se encuentran en sitios con cobertura arbórea, rocas y pendiente moderada. Esto puede estar influenciado principalmente por el sitio de captura, ya que la selva por lo regular se encuentra en las faldas de las serranías, que tienen mayor pendiente y afloramientos rocosos, mientras que el matorral se encuentra en sitios más planos con menos afloramientos rocosos y menor cobertura vegetal, por lo tanto más suelo desnudo. El mayor uso de arbustos en el matorral puede deberse a que ofrecen bajo su cobertura temperaturas óptimas para el desplazamiento, ya que el suelo desnudo permanece a una temperatura más alta al anochecer, que debajo de estos; y como refugio ante depredadores, ya que los arbustos en el matorral son más bajos, con las ramas más extendidas y rozando el suelo (Murillo-Quero 2009). El mayor uso de materia vegetal puede deberse a que ofrece refugio, ya sea para esconderse debajo de la hojarasca, ramas secas y cardones muertos, o para pasar inadvertidas ante depredadores, gracias a sus colores crípticos. Por otra parte, el mayor uso de cobertura arbórea en la selva, puede deberse a que durante el día, ofrece una temperatura agradable para permanecer ocultas debajo de su sombra, y a que el contraste creado por el follaje puede servir de camuflaje para pasar inadvertida ante presas y depredadores. En cuanto al uso de rocas tipo 2 y rocas tipo3,se debe a que son un refugio durante el día con temperaturas más bajas entre las grietas, y durante la noche las rocas conservan una temperatura más elevada que otros sustratos, por lo que puede ayudar a que las serpientes se mantengan activas (Reinert 1984b; Tozetti y Martins 2008).

Al separar la matriz de datos entre ejemplares con contenidos estomacales o excretas y sin contenidos estomacales o excretas, se observa que los individuos que se habían alimentado recientemente se encontraron en mayor proporción en el suelo desnudo,

arbustos, cobertura arbórea y pendientes con inclinación de 12.1%. Las demás variables mostraron valores muy bajos. Mientras que los ejemplares sin contenidos estomacales o excretas, mostraron un mayor uso de arbustos, árboles, suelo desnudo y materia vegetal, pendientes de 24.08% y en menor medida el resto de las variables.

Al hacer el AFD, no se obtuvo una diferencia significativa en el uso de hábitat, ya que ninguna variable resulto significativa para separar el uso de hábitat. Al realizar el análisis canónico se determinó que las variables que más aportan en la diferenciación de hábitat son: roca tipo 2, roca tipo 3, arbustos, materia vegetal y pendiente. Con dichas variables se crea un gradiente que va de sitios con abundantes rocas tipo 2, rocas tipo 3, arbustos, materia vegetal y mayor pendiente, a sitios con más rocas tipo1, suelo desnudo y árboles y menor pendiente. Los centroides de los ejemplares con contenidos estomacales o excretas se encuentran en sitios con poca cobertura vegetal, más suelo desnudo, menor cantidad de rocas y menor pendiente. Mientras que los que no tenían contenidos estomacales ni excretas se encuentran en sitios con mayor cantidad de rocas tipo 2, rocas tipo3, pendiente, arbustos y materia vegetal. La presencia de los ejemplares recién alimentados en sitios con más suelo desnudo menor cobertura, menor cantidad de rocas y pendientes, puede deberse a las necesidades térmicas requeridas para la digestión de las presas, ya que necesitan temperaturas más elevadas conseguidas en sitios con menor cobertura y pendientes no pronunciadas que favorecen a la estabilidad de las temperaturas (Seigel y Collins 1993; Dorcas *et al.* 2004; Murillo-Quero 2009).

El hábitat en el que se encontraron más ejemplares de la especie fue la selva baja, probablemente debido a que posee mayor cobertura vegetal promedio por especie y las especies con mayor I.V.I son arbustos, que coincide con el uso de hábitat general de la especie, donde se observa que usan en mayor medida la cobertura arbustiva. El hábitat que le sigue en número de encuentros es el matorral al sur de La Paz, con cinco ejemplares, esto puede deberse a que es el hábitat que sigue en cobertura promedio por especie, además de tener la mayor similitud florística con la selva baja, y que la especie con mayor I.V.I. es el

lomboy (*Jatropha cinerea*) con forma de vida arbustiva, que ofrece refugios y temperaturas óptimas para el desplazamiento de las serpientes (Murillo-Quero 2009). Por otra parte, en el tipo de hábitat matorral de Los Planes, no se encontraron ejemplares, probablemente debido a las características estructurales del hábitat, ya que presenta los promedios menores en la estructura vegetal horizontal y vertical de los tres tipos de hábitat, y la especie con mayor I.V.I fue la cholla (*Cylindropuntia cholla*) una cactácea, que ofrece poca cobertura, pero es muy abundante; seguido por el mezquite (*Prosopis* sp.) que a pesar de ofrecer buena cobertura arbórea, es poco abundante en dicho hábitat.

Durante este estudio sólo se consideraron las variables estructurales para caracterizar los microhábitats, y no se incluyeron las variables climáticas (temperatura y humedad), debido a que la mayoría de los ejemplares fueron encontrados atropellados, por lo cual no se tiene la certeza de cuánto tiempo tenían en ese estado, si había ocurrido variación térmica y de humedad desde el momento que estaban activas hasta la hora del encuentro, y si el pavimento podía ocasionar afectación en los datos. Las carreteras causan daño a las poblaciones de serpientes ya que son una fuente directa de mortalidad o de barrera dispersora. Las carreteras han impedido efectivamente el flujo génico entre sitios de hibernación de poblaciones de *Crotalus horridus* (Shoemaker *et al.*2009). En este contexto las serpientes, en particular las de la subfamilia Crotalinae, son indicadores de los procesos que afectan los ecosistemas (Beaupre y Douglas 2009).

El presente trabajo representa el primer estudio sistemático que se ha efectuado sobre el uso de hábitat de la cascabel de Baja California (*C. enyo*), pues aunque diversos autores han recopilado información sobre su historia natural (Van Denburgh y Slevin 1921; Klauber 1931; Klauber 1972; Armstrong y Murphy 1979; Grismer 2002), distribución (Estrada-Hernández 2010), dieta (Taylor 2001) y reproducción (Goldberg y Beaman 2003), la mayoría de los reportes se basaron en anécdotas y observaciones aisladas.

9.4. Dieta

La dieta de *Crotalus enyo* fue similar a la de otras serpientes del mismo género que se alimentan principalmente de mamíferos, seguido por los reptiles y en menor medida aves y artrópodos(Taylor 2001; Clark 2002; Holycross *et al.* 2002; Ávila-Villegas 2005; Sant´Anna y Abe 2007; Dugan y Hayes 2012).

La presa más frecuente en la dieta de *C. enyo* corresponde al roedor *Chaetodipus spinatus*, seguido por dos especies de lagartijas que no habían sido registradas en la dieta con anterioridad: *Ctenosaura hemilopha* y *Sceloporus hunsakerii*, la primera con distribución en la porción sur de la península y la segunda endémica a la región del Cabo (Taylor 2001; Grismer 2002).

A pesar de la alta incidencia de *Chaetodipus spinatus* en la dieta de *C. enyo*, ésta es una serpiente generalista, ya que se alimenta de una variedad amplia de roedores, lagartijas, y artrópodos, entre ellos los cienpiés del género *Scolopendra*, que no fueron registrados en este estudio. La ingesta de la iguana negra *Ctenosaura hemilopha* se debe a que se trataba de crías, que tienen un tamaño similar al de un *Sceloporus* adulto. El alto número de ingesta de roedores, por encima de los reptiles (lagartijas) puede deberse a que los roedores, que son de actividad nocturna, traslapan su actividad con la de *C. enyo*; mientras que las lagartijas ingeridas, pueden haber sido encuentros ocasionales, al haber sido encontradas en grietas u oquedades durante los desplazamientos de *C. enyo*.

Taylor (2001) observó que existe un cambio ontogénico en la dieta de *C. enyo*, donde los juveniles se alimentan de reptiles y los adultos en mayor medida de roedores, esto no se pudo comparar ya que la muestra obtenida en este estudio estuvo comprendida

en un 100% por adultos. Sin embargo, no se obtuvo diferencia significativa entre la LHC de las serpientes que se alimentaron de ratones y de lagartijas.

De 63 ejemplares con contenido analizados por Taylor (2001), 50 contenían múltiples presas, de las cuales siete contenían una lagartija y un mamífero, en el presente estudio sólo obtuvimos dos ejemplares con dos tipos de presas, una lagartija y un mamífero en cada una (*C. spinatus* y *C. hemilopha*).

C. enyo no presenta diferencia significativa en el periodo de forrajeo, aunque se observa una mayor actividad en la temporada de lluvias, que es cuando fueron depredadas las lagartijas, que corresponde también con su periodo de mayor actividad. No se observó diferencia significativa en la alimentación entre sitios de captura, así como tampoco entre sexos, lo que concuerda con los resultados de Taylor (2001).

La información obtenida en esta investigación puede ser utilizada para dirigir futuras búsquedas, para la toma de decisiones que involucren el manejo de las poblaciones, así como para proponer estrategias de conservación; además de dejar una serie de interrogantes que pueden encaminar a futuras investigaciones sobre la historia natural de *C. enyo*.

10. CONCLUSIÓN

1) El mayor número de ejemplares se encuentra a altitudes entre los 200-500 msnm, principalmente en la selva seca.

2) En cuanto al uso de hábitat, *C. enyo* se encuentra en mayor medida en sitios con cobertura arbustiva seguida por el suelo desnudo, cobertura arbórea y pendiente con inclinación de 16.5%. En menor medida se encuentra en sitios con materia vegetal en descomposición, rocas, suculentas y herbáceas.

3) No existe diferencia significativa en el uso de hábitat entre sexos, pero si se observa poca separación.

4) No se encontró diferencia significativa en el uso de hábitat entre la selva seca y el matorral xerófilo, sin embargo existe poca separación, debidas a las características estructurales del hábitat.

5) No existe diferencia significativa en el uso de hábitat entre serpientes recién alimentadas y no alimentadas, sin embargo, se observa separación entre éstas debido a los requerimientos térmicos para la digestión.

6) El patrón de actividad anual de *C. enyo* es unimodal y se restringe a la estación de lluvias, con mayor abundancia en el mes de agosto (ARM 0.006956522).

7) Su patrón de actividad diario, es principalmente nocturna, siendo las 20:04 h la hora promedio de actividad.

8) La actividad y abundancia de *C. enyo* está influenciada por temperaturas mínimas no muy bajas(siendo el promedio 25.5 °C), así como por el aumento en la precipitación.

9) El alto número de ejemplares encontrados atropellados, se atribuye a que es una especie que presenta forrajeo activo.

10) El ciclo reproductivo de *C. enyo* es similar al de otras cascabeles de Norte América, sin embargo en este estudio no se observaron apareamientos, hembras grávidas o crías en los dos años de muestreo.

11) La dieta de *C. enyo* es generalista, similar a la de otras especies del mismo género, consumiendo principalmente mamíferos y en menor medida reptiles.

12) Se registraron dos elementos nuevos en la dieta: la iguana *Ctenosaura hemilopha* y la lagartija *Sceloporus hunsakerii*, ambas restringidas a la porción sur de la Península.

13) No se obtuvo diferencia significativa entre la LHC de serpientes que se alimentaron tanto de roedores como de lagartijas.

14) No hay diferencia significativa en el periodo de forrajeo de *C. enyo*, pero se observa una mayor actividad en la temporada de lluvias. No se obtuvo diferencia significativa en la alimentación entre sitios de captura (selva-matorral), ni entre sexos.

15) El alto índice de muerte por atropellamiento en las tres especies de Crotálidos, así como en varias otras especies de culebras encontradas durante el presente estudio, demuestra que es un problema que puede afectar a las poblaciones de serpientes en la región, debido a que año con año se van acumulando ejemplares atropellados, por lo cual debe ser tomado en cuenta para próximas estrategias de manejo y conservación.

11. RECOMENDACIONES

1) Para futuras investigaciones sobre el uso de hábitat de *C. enyo* se recomienda utilizar la radio-telemetría, incluyendo machos, hembras y juveniles, para robustecer los resultados sobre su comportamiento.

2) Se recomienda recabar variables como la temperatura y humedad relativa del ambiente, así como del suelo, temperatura de la serpiente y evaluar la disponibilidad de presas en los estudios que se realicen con esta especie.

3) Evaluar el tamaño poblacional de *C. enyo*, así como del ensamble de serpientes año con año, para determinar el efecto de la muerte por atropellamiento, y así localizar sitios con mayor cruce de serpientes, y gestionar medidas de mitigación.

12. LITERATURA CITADA

Aguirre, E. L. y D. L. Huss. 1984. Fundamentos de Manejo de Pastizales. Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey. Nuevo León, México. 227 p.

Álvarez-Cárdenas, S., P. Galina, A. González y A. Ortega. 1988. Herpetofauna. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds). La Sierra la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, S. C.

Anderson, C. G. y E. Greenbaum. 2012. Phylogeography of Northern Populations of the Black Tailed Rattlesnake (*Crotalus molossus* Baird and Girard, 1853), with the Revalidation of *C. ornatus* Hallowell, 1854. Herpetological Monographs, 26:19-57.

Andrews, K. M. y J. W. Gibbons. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles.Copeia. 4:772-782.

Armstrong, B. L. y J. B. Murphy. 1979. The Natural History of Mexican Rattlesnakes. University of Kansas Publications.Museum of Natural History.89 p.

Arnaud, G., S. Álvarez-Cárdenas y P. Cortés-Calva. 2012. Mamíferos de laReserva de la Biosfera Sierra de la Laguna. En: A. Ortega-Rubio., M. Lagunas-Vázquez y L. F. Beltrán-Morales (Eds.). Evaluación de la Reserva de laBiosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Centro de InvestigacionesBiológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México. 422 pp.

Arriaga, L. Sierra de la Laguna, Baja California Sur. En: Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (Eds). 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 594 p.

Arriaga L. y A. Ortega. 1988. La Sierra la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, S. C.

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. 141 p.

Axelrod, D. I. 1958.Evolution of Madro-tertiary geoflora. Bot. Rev. 24: 433-509

Beaman, K. y W. Hayes. 2008. Rattlesnakes: Research trends and annotated Checklist. In: The Biology of Rattlesnakes. Loma Linda University Press. pp. 9-12

Beaupre, S. J. y L. E. Douglas. 2009. Snakes as Indicators and Monitors of EcosistemPropierties. En: Mullin, S. J. y R. A. Seigel. (Eds). Snakes. Ecology and Conservation.Comstock Publishing Associates.365 p.

Beck, D. D. 1995.Ecology and Energetics of Three Sympatric Rattlesnake Species in the Sonoran Desert.Journal of Herpetology, Vol. 29(2): 211-223

Blázquez-Moreno, M. C., P. Galina-Tessaro y A. Ortega-Rubio. 2012.Herpetofauna. En: A. Ortega-Rubio., M. Lagunas-Vázquez y L. F. Beltrán-Morales (Eds.). Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos. (pp. 107-128). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México. 422 pp.

Brito, J.C. 2003.Seasonal variation in Movements, Home Range, and Habitat Use by Male *Viperalatastei* in Northern Portugal.Journal of Herpetology, Vol. 37(1): 155-160.

Calderón-Mandujano, R. R., C. Galindo-Leal y J. R. Cedeño-Vázquez. 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. Acta Zoológica mexicana (nueva serie). Vol. 24(001): 95-114.

Campbell, J. A. y W. W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. Cornell University Press.Volume II.1032 p.

Canfield, R. 1941. Application of the line-intercept method in sampling range vegetation.Forestry, 39: 388-396

Canseco-Márquez, L. y M. G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO, Cuicatlán A.C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 302 p.

Castoe, T. A. y C. L. Parkinson. 2006. Bayesian mixed models and the phylogeny of Pitvipers (Viperidae: Serpentes). Molecular Phylogenetics and Evolution.39: 91-110.

Ceballos, G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury y R. Dirzo. 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. Fondo de Cultura Económica, Comisión Nacional para el Fomento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Alianza WWF-TELCEL, Ecociencia S.C. y TELMEX. 594 p.

Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. En *Capital Natural de México*, vol.1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 87-108

Clark, R. W. 2002. Diet of the Timber Rattlesnake *Crotalus horridus*.Journal of Herpetology. 36(3):494-499.

CONANP. 2004. Plan de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo, 30 de diciembre de 2010.

Dorcas, M.E., W. A. Hopkins y J. H. Roe. 2004. Effects of Body Mass and Temperature on Standard Metabolic Rate in the Eastern Diamondback Rattlesnake (*Crotalus adamantesus*). *Copeia.*(1)145-151 pp.

Dougan, E. A. y W. K. Hayes. 2012. Diet and Feeding Ecology of the Red Diamond Rattlesnake, *Crotalus ruber* (SERPENTES: VIPERIDAE).Herpetologica. 68(2): 203-217.

Dyer, K.J. 2004. Habitat use and seasonal activity of selected snakes on John F. Kennedy space center, Florida. Thesis.Pennsylvania State University.42 p.

Eskew, E. A., J. D. Willson y C. T. Winne. 2009. Ambush site selection and ontogenetic shifts in foraging strategy in a semi-aquatic pit viper, the Eastern cottonmouth. Journal of Zoology. 277: 179-186

Estrada-Hernández, C. G. 2010. Distribución potencial de la serpiente de cascabel de Baja California (*Crotalus enyo*). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Tesis.

Fahrig, L. y T. Rytwinski. 2009. Effects of Road on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. Ecology and Society. 14(1):21.

Fitch, H. S. 1993a. Collecting and life-history techniques.En: Seigel, R. A. y J. T. Collins. (Eds.). Snakes: Ecology and Behavior. McGraw Hill, pp. 143-164

Fitch, H. S. 1993b.Relative Abundance of Snakes in Kansas.Transactions of the Kansas Academy of Science.96(3-4):213-224.

Flores, L. 1998. Geosudcalifornia. Geografía, agua y ciclones. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México

Galina-Tessaro, P. y A. Castellanos Vera. 2012. Avifauna. En: A. Ortega-Rubio.,M. Lagunas-Vázques y L. F. Beltrán-Morales (Eds.). Evaluación de laReserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos.(pp. 129-144). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz,B.C.S., México. 422 pp.

Gartner, G. E. y R. S. Reiserer.2003.*Crotalus mitchellii* (Speckled Rattlesnake).Herpetological Review. 34:65.

Gibbons, J. W. y R. D. Semlitsch. 1987. Activity Pattern. En: R. A. Seigel, J. T. Collins, y S. S. Novak (Eds.). Snakes: ecology and evolutionary biology. McGraw Hill, New York. pp. 185-209.

Goodman, B. A., D. B. Miles y L. Schwarzkopf. 2008. Life on the Rocks: Habitat use drives morphological and performance evolution in lizards. *Ecology*. 89 (12): 3462-3471.

Goldberg, S. R., y K. R. Beaman. 2003. Reproduction in the Baja California Rattlesnake, *Crotalus enyo* (Serpentes: Viperidae). Bulletin Southern CaliforniaAcademy of Sciences. 102 (1):39-42

Greene, H.W. 1997. SNAKES: The Evolution of Mystery in Nature. University of California Press.351 p.

Grismer, L. L. 2002. Amphibians *and* Reptiles *of* Baja California, Including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés.University of California Press.399 p.

Guertin, P. D., P. F. Follett y M. M. Fogel.1988. Características fisiográficas e hidrológicas. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds). La Sierra la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur.

Hartmann, P. A., M. T. Hartmann y M. Martins. 2011. Snake Road Mortality in a Protected Area in the Atlantic Forest of Southeastern Brazil. South American Journal of Herpetology. 6(1): 35-42.

Heard, G.W., D. Black y P. Robertson. 2004. Habitat use by the carpet phyton (*Morelia spilota*metcalfei:Pythonidae): Seasonal relationships with habitat structure and prey distribution in a rural landscape.Austral Ecology. 29: 446-460

Hobert, J. P., C. E. Montgomery y S. P. Mackessy. 2004. Natural History of the Massasauga, *Sistrurus catenatus edwardsii*, in Southeastern Colorado. The Southwestern Naturalist,49(3):321-326.

Hollingsworht, B y D.R. Frost. 2007. *Crotalus enyo*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species.Downloaded on 10 February 2013.

Holycross, A. T. y S. P. Mackessy. 2002. Variation in the Diet of *Sistrurus catenatus* (Massasauga), with Emphasis on *Sistrurus catenatus edwardsii* (Desert Massasauga). Journal of Herpetology, Vol. 36(3):454-464

Holycross, A. T., C. W. Painter, D. B. Prival, D. E. Swann, M. J. Schroff, T. Edwards y C. R. Schwalbe. 2002. Diet of *Crotalus lepidus klauberi* (Banded Rock Rattlesnake). Journal of Herpetology. 36(4): 589-597.

INEGI. 2004. www.inegi.gob.mx

James, S. E. y R. T. M´Closkey. 2002. Patterns of microhabitat use in a sympatric lizard assemblage. Canadian Journal of Zoology. Vol. 80: 2226-2234

Jenkins, C. L. y C. R. Peterson. 2008. A Trophic-Based Approach to the Conservation Biology of Rattlesnakes Linking Landscape Disturbance to Rattlesnake Populations. In: The Biology of Rattlesnakes. Loma Linda University Press. pp. 265-274

Klauber, L. M. 1972. Rattlesnakes, their habits, life histories, and influence in mankind. Segundaed. University of California Press.

Klauber, L. M. 1931. *Crotalus tigris* and *Crotalus enyo*, two little known rattlesnakes of the southwest. Transactions of the San Diego Society of Natural History. Vol. VI (24):353-370.

Langen, T. A., A. Machniak, E. K. Crowe, C. Mangan, D. F. Marker, N. Lidddle y B. Roden. 2007. Methodologies for Surveing Herpetofauna Mortality on Rural Highways. Journal of Wildlife Management.71(4): 1361-1368.

León de la Luz, J.L., J. J. Pérez-Navarro, M. Domínguez-León y R. Domínguez-Cadena. 1999. Listados Florísticos de México. XVIII. Flora de la Región del Cabo Baja California Sur. Instituto de Biología. UNAM.

Lowe, C. H. y K. S. Norris. 1954. Analysis of the Herpetofauna of Baja California, México. Transactions of the San Diego Society of Natural History. Vol. XII (4): 47-64.

MacKenzie, D. I. y S. G. Sealy. 1981. Nest Site Selection in Eastern and Western Kingbirds: A Multivariate Approach. The Condor.Vol. 83, No. 4: 310-321.

Matteucci S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D.C. 168 p.

Mattison, C. 1996. Rattler! A Natural History of Rattlesnakes.Blandford.144 p.

McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research. Springer-Verlag. Nueva York.

Montenegro-González, J. y A. Acosta. 2010. Habitat preference of Zoantharia genera depends on host sponge morphology. UniversitasScientiarum. Vol.15(2): 110-121.

Montenegro, J. & A. Acosta. 2008. Aplicación para evaluar uso y preferencia de hábitat.Pan-American Journal of AquaticScience. 3(2): II-IV.

Montenegro, J. y A. Acosta. 2008. Programa innovador para evaluar el uso y preferencia de hábitat. UniversitasScientiarum. Vol.13(2): 208-217.

Moore, J.A. y J.C. Gillingham. 2006. Spatial Ecology and Multi-Scale Habitat Selection by a Threatened Rattlesnake: The Eastern Massasauga (*Sistrurus catenatus catenatus*). Copeia (4):742-751.

Moore, R. G. 1987. Seasonal and daily activity patterns and thermoregulation in the Southwestern Speckled Rattlesnake (*Crotalus mitchellii phyrrus*) and the Colorado Desert Sidewinder (*Crotalus cerasteslaterorepens*).Copeia.(3): 439-442.

Murphy, R. 1983. The reptiles: origins and evolution. In. Case, T. and M. L. Cody (Eds) Island Biogeography in the Sea of Cortes.University of California Press.508 p.

Murphy, R. W., J. Fu, A. Lathrop, J. V. Feltham y V. Kovac. 2002. Phylogeny of the Rattlesnakes (*Crotalus* and *Sistrurus*) inferred from sequences of five mitochondrial DNA genes. Biology of the Vipers. 69-72, En: Schuett, G. W., M. Höggren, M. E. Douglas, and H. W. Greene, eds. Biology of the Vipers. Eagle Mountain Publishing, Salt Lake City Utah USA.

Murphy, R. y F. Mendez.2010. The Herpetofauna of Baja California and its associated Islands: A conservation assessment and priorities. In: Wilson, I.D., J.H. Towsend and J.D. Johnson (Eds). Conservation of Mesoamerica Amphibians and Reptiles.Eagle Mountain Publishing.

Neilson, K., J. M. Curran, D. R. Towns and H. Jamieson. 2006. Habitat use by chevron skinks (*Oligosomahomalonotum*) (Sauria:Scincidae) on Great Barriel Island, New Zeland. *New Zeland Journal of Ecology*. 30(3): 345-356.

Oliveira, M. E. y M. Martins.2001. When and where to find a pit viper: activity patterns and habitat use of the Lancehead, *Bothrops atrox*, in central Amazonia, Brasil. Herpetological Natural History, 8(2):101-110

Parker, J. M., y S. H. Anderson. 2007. Ecology and Behavior of the Midget Faded Rattlesnake (*Crotalus oreganus concolor*). Journal of Herpetology. 41(1): 41-51.

Place, A. J. y C. I. Abramson. 2004. A Quantitative Analysis of Ancestral Area of Rattlesnakes. Journal of Herpetology, Vol. 38(1): 151-156

Pringle, R.M., J.K. Webb y R. Shine. 2003. Canopy structure, microclimate, and habitat selection by a nocturnal snake, *Haplocephalus bungaroides*. Ecology, 84(10): 2668-2679

Potvin, C. y D. A. Roff. 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statics? Ecology. 74(6): 1617-1628.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U. O. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique y L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: *Diversidad y Conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. CONABIO. 213 p.

Reed, R. N. y M. E. Douglas.2002. Ecology of the Grand Canyon Rattlesnake (*Crotalus viridis abyssus*) in the Little Colorado River Canyon, Arizona. The Southern Naturalist. 47(1): 30-39

Reinert, H. K. y W. R. Kodrich. 1982. Movements and Habitat Utilization by the Massasauga, *Sistrurus catenatus catenatus*. Journal of Herpetology. Vol. 16(2): 162-171.

Reinert, H.K. 1984a. Habitat separation between sympatric snake populations. Ecology 65, 478–486.

Reinert, H.K. 1984b. Habitat variation within sympatric snake populations. Ecology 65, 1673–1682.

Reinert, H. K. y R. T. Zappalorti. 1988. Timber Rattlesnake (*Crotalus horridus*) of the Pine Barrens: their movement patterns and habitat preference. Copeia.964-978.

Reinert, H.K. 1993. Habitat selection in snakes. In Snakes: ecology and behavior: 201–240. Seigel, R.A. & Collins, J.T. (Eds).New York: McGraw-Hill

Roberts, N. C. 1989. Baja California Plant Field Guide. Natural History Publishing Company. La Jolla.USA. 309 p.

Rodríguez-Estrella, R. 1988. Avifauna. Pp. 185-208. En: Arriaga, L. y A. Ortega (Eds). La Sierra la Laguna de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. B.C.S. Publicación No.1, La Paz, B.C.S.

Sant´Anna, S. S. y A. Abe. 2007. Diet of the rattlesnake *Crotalus durissus* in southeastern Brazil (Serpentes, Viperidae). Studies on Neotropical Fauna and Environment. 42(3):169-174.

Schantz. K. A. 2009. Characterization of landscape-scale habitat use by Timber Rattlesnake (*Crotalus horridus*) within the ridge and valley and highlands regions of New Jersey.Tesis.The State University of New Jersey.183 p.

Seigel, R. A. 1992. Ecology of a specialized predator: *Regina graham* in Missouri. Journal of Herpetology. 26(1): 32-37.

Seigel, R. A. y J. T. Collins. 1993. Snakes. Ecology & Behavior.McGraw-Hill. USA. 241-314 pp.

Shepard, D. B., M. J. Dreslik, B. C. Jellen, y C. A. Phillips. 2008. Reptile road mortality around an oasis in the Illinois Corn Desert with emphasis on the endangered Eastern Massasauga. Copeia (2): 350-359.

Shine, R. 1987. Intraspecific variation in Thermoregulation, Movements and Habitat Use by Australian Blacksnakes, *Pseudechis porphyriacus* (Elapidae).Journal of Herpetology. Vol. 21(3): 165-177

Shoemaker, K. T., G. Johnson y K. A. Prior. 2009. Habitat manipulation as a Viable Conservation Strategy. En: Mullin, S. J. y R. A. Seigel. 2009. Snakes. Ecology and Conservation.Comstock Publishing Associates.365 p.

Simonov, E. 2009. Differences in habitat use, daily activity patterns and preferred ambient temperatures of adult and neonate *Gloydius halys halys* from an isolated population in southwest Siberia: preliminary data. Herpetology Notes, Volume 2: pp.1-7.

Standford, K.M., R.B. King y D. Wynn. 2010. Summer and Winter Spatial Habitat Use by the Lake Erie Watersnake. Journal of Fish and Wildlife Management. Issue 2, pp. 122-130.

StatSoft, Inc. 2005.STATISTICA (data analysis software system).Version 7.1. www.statsoft.com.

Steen, D. A., L. L. Smith, L. M. Conner, J. C. Brock yS. K. Hoss. 2007. Habitat use of sympatric Rattlesnake species within the Gulf Coastal Plain. The Journal of Wildlife Management. 71(3):759-754.

Taylor, E.N. 2001.Diet of the Baja California Rattlesnake, *Crotalus enyo* (Viperidae).Copeia(2):553-555.

Timmerman, W. W. 1995. Home range, habitat use, and behavior of the eastern diamondback rattlesnake (*Crotalus adamanteus*) on Ordway Preserve. Bull. Florida Mus. Nat. Hist. 38(5): 127-158.

Tozetti, A. M. and M. Martins. 2008. Habitat use by the South-American rattlesnake (*Crotalus durissus*) in the south-eastern Brazil. Journal of Natural History. Vol. 42, Nos. 19-20: 1435-1444

Tozetti, A.M., V. Vettorazzo y M. Martins. 2009. Short-term movements of the South American rattlesnake (*Crotalus durissus*) in southeastern Brazil. Herpetological Journal. 19: 201-206.

Van Denburgh, J. y J. R. Slevin. 1921. A list of the amphibians and reptiles of the Peninsula of Lower California, with notes on the species in the collection of the academy. Proceedings of the California Academy of Sciences.Vol. XI (49): 49-72.

Vázquez-Díaz, J. y G. E. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. CONABIO. CIEMA. Internacional de Relojes S. A. de C.V. 318 p.

Weaver, R. E. 2008. Distribution, Abundance, and Habitat Associations of the Night Snake (*Hypsiglena torquata*) in Washington State. Northwestern Naturalist, 89(3):164-170.

Whorley, J. R. 2000. Keys to Partial Mammals: A Method for Identifying Prey Items for Snakes. Herpetological Review 31(4): 227-229.

Wilson, D. W. y J. D. Johnson. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. 30-235. In: Wilson, D. W., J. H. Townsend y J. D. Johnson (Eds). Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain Publishing, LC.

Zar, J. H. 1984. Bioestatistical analysis, Prentice Hall.718 p.

Zarco-Espinosa, V. M., J. l. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y Diversidad de la vegetación arbórea del parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 26(1): 1-17.

13. APÉNDICES

13.1. Apéndice I. Abundancia de *Crotalus ruber* y *C. mitchellii.*

Con el fin de resaltar la dificultad para localizar a *C. enyo* tanto en recorridos a pie como en carretera, se determinó la abundancia de las especies simpátricas del género *Crotalus* en el área de estudio, para tener un punto de comparación.

Abundancia relativa mensual (ARM)

Durante el estudio se realizó un esfuerzo total de 132.59 hrs de búsquedas nocturnas de julio de 2010 a julio de 2012, en las que se encontraron 11 *C. ruber*, con una mayor abundancia en julio (ARM0.23) y septiembre (ARM 0.21) de 2011 y cuatro *C. mitchellii* con una mayor abundancia en junio (ARM 0.2) de 2012 (Fig. 19).

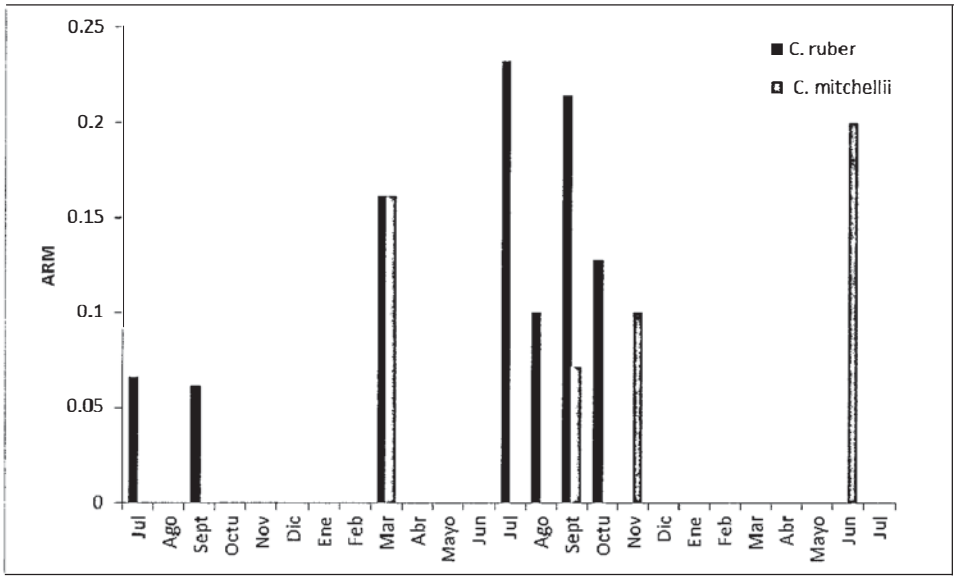

Figura 19. Abundancia relativa mensual de *C. ruber* y *C. mitchellii* obtenida en las caminatas realizadas entre 2010-2012.

De igual manera, se realizaron búsquedas diurnas, en las cuales se obtuvo un esfuerzo total de 94.25 hrs entre marzo de 2011 y julio de 2012, en las cuales sólo se encontró un ejemplar de *C. ruber* en el mes de marzo de 2011 (ARM 0.09), y otro en junio de 2012 (ARM 0.025).

En el transecto de carretera, se acumularon un total de 8472.3 km recorridos entre agosto de 2011 a julio de 2012 (Fig.21-22). La cascabel *C. mitchellii* mostró un patrón de mayor abundancia y uno de menor abundancia, fue abundante de septiembre a noviembre (meses húmedos y no tan cálidos). Mientras que *C. ruber* se presentó a lo largo del año, reduciendo su abundancia solamente en el mes de enero (Fig.20).

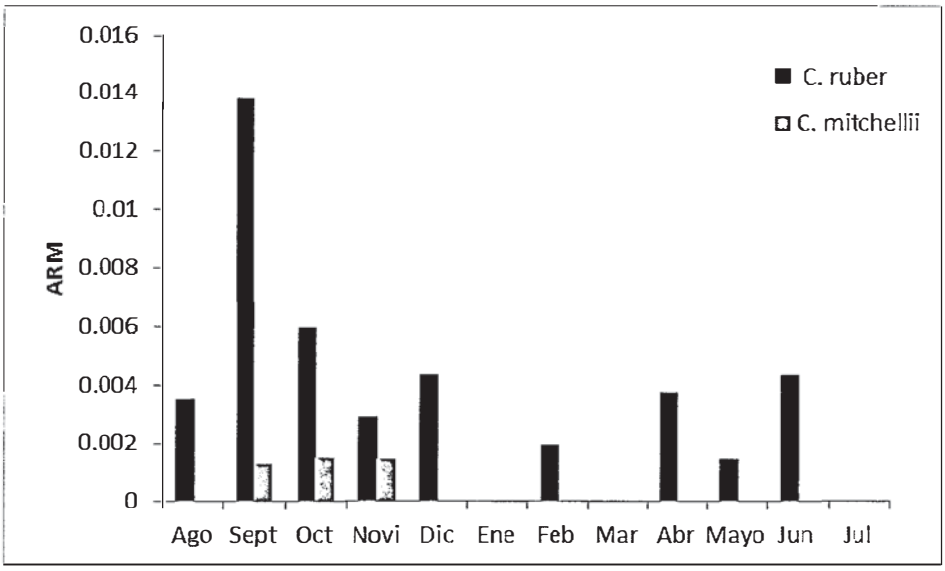

Figura 20. Abundancia relativa mensual de *C. ruber* y *C. mitchellii* obtenida en el transecto de carretera realizado entre 2011-2012.

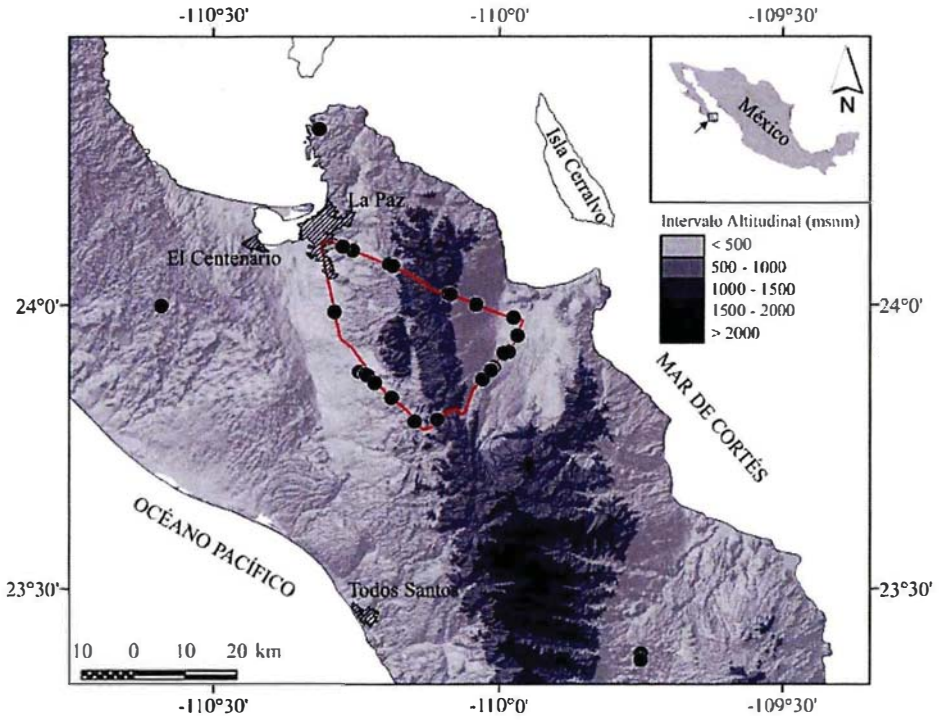

Figura 21. Mapa de *C. ruber* (puntos negros) encontradas en caminatas y transecto de carretera (línea roja).

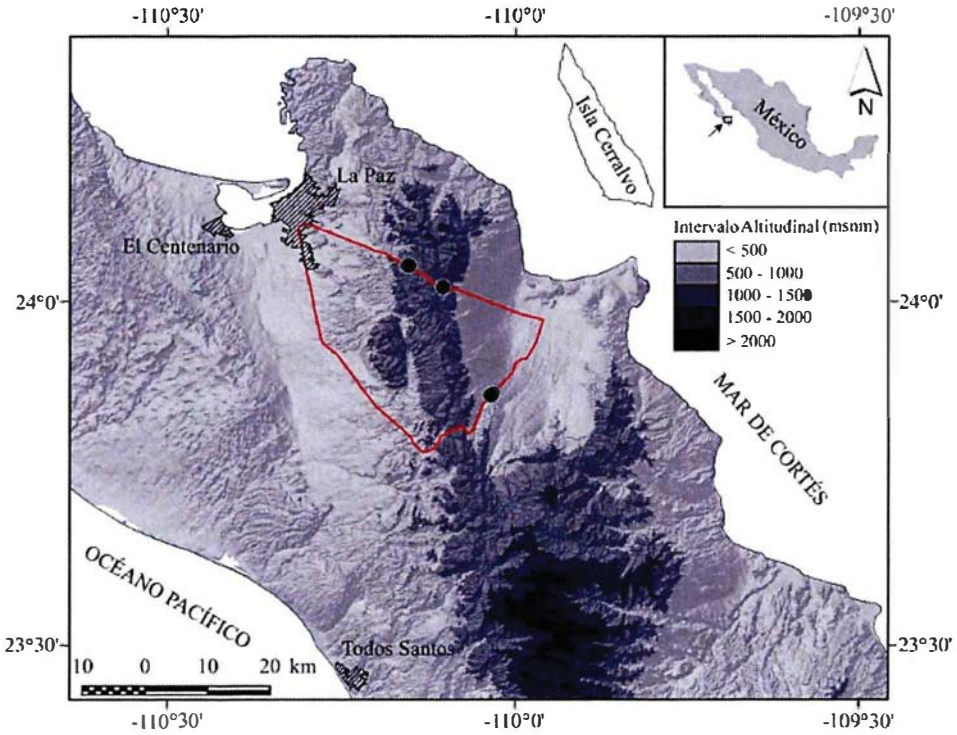

Figura 22. Mapa de *C. mitchellii* (puntos negros) encontrados en caminatas y transecto de carretera (línea roja).

ARM y clima

Los valores de ARM de *C. ruber* obtenidos en las búsquedas nocturnas a pie mostraron una correlación poco significativa con la temperatura ($r = .456$, $n = 25$, $P < 0.05$) y una correlación no significativa con la precipitación ($r = 0.302$, $n = 25$, $P > 0.05$). En el caso de *C. mitchellii* no se obtuvo correlación significativa entre la ARM y la temperatura ($r = 0.063$, $n = 25$, $P > 0.05$), ni con la precipitación ($r = 0.057$, $n = 25$, $P > 0.05$).

Para *C. ruber* los valores obtenidos en el transecto de carretera, no mostraron correlación significativa con la temperatura máxima promedio ($r = 0.18$, $n = 12$, $P > 0.05$), ni con la temperatura mínima promedio ($r = 0.28$, $n = 12$, $P < 0.05$), ni con la precipitación ($r = 0.39$, $n = 12$, $P > 0.05$). De igual manera, para*C. mitchellii* no se obtuvieron valores con correlación significativa para la temperatura máxima promedio ($r = -0.05$, $n = 12$ $P > 0.05$), ni para la temperatura mínima promedio ($r = 0.08$, $n = 12$, $P < 0.05$), ni con la precipitación ($r = 0.41$, $n = 12$, $P > 0.05$).

Abundancia mensual esperada

A partir de los datos obtenidos en los muestreos nocturnos a pie, se calculó el esfuerzo relativo de muestreo (ERM) y el número de serpientes esperadas (SE). Para el caso de *C. ruber,* se observó que su actividad no se restringe a los meses más cálidos, pero si se aprecia un incremento en su actividad en los meses con mayores temperaturas y con mayor precipitación (Fig. 23). No se obtuvo una diferencia significativa entre las serpientes observadas (SO) y las serpientes esperadas (SE) ($X^2 = 8.51$, $gl = 24$, $P < .9984$).

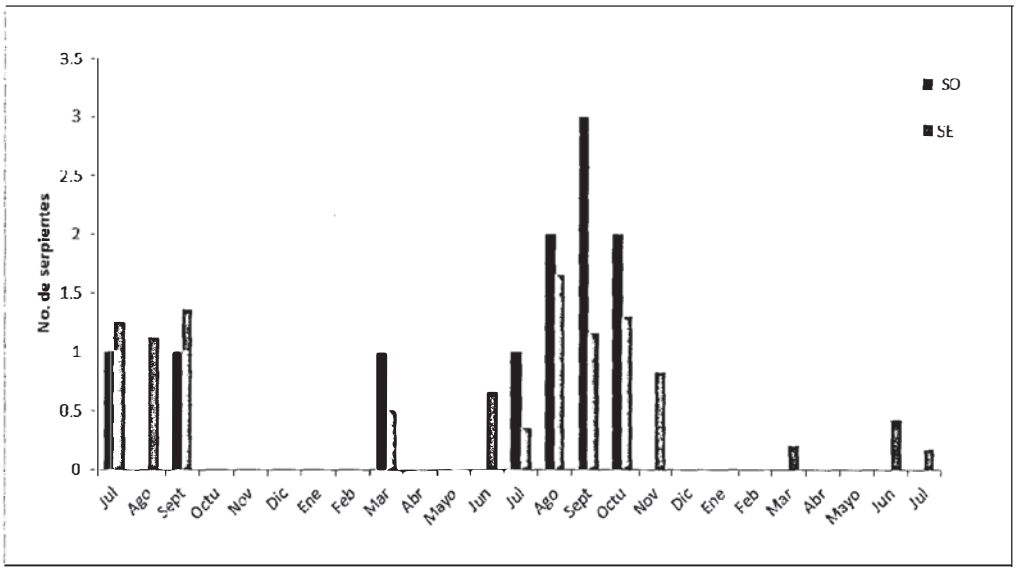

Figura 23. Número de serpientes *C. ruber* observadas (SO) y esperadas (SE) en búsquedas nocturnas a pie. Los valores observados no fueron significativamente mayores a los esperados. Se aprecia un pico de mayor abundancia en los meses más cálidos y con mayor precipitación.

De igual modo, para *C. mitchellii* se obtuvo el esfuerzo relativo de muestreo (ERM), serpientes observadas (SO) y serpientes esperadas (SE), donde se aprecia que, como en el caso de *C. enyo*, se trata de una serpiente poco abundante, teniendo observaciones de un solo individuo por mes, concentrando su abundancia en los meses cálidos y con mayor precipitación y un ejemplar en el mes de marzo de 2011, que correspondió con el incremento en la temperatura de ese año (Fig. 24). No se observó una diferencia significativa entre las serpientes observadas (SO) y esperadas (SE) (X^2= 13.65, gl = 24, P < .9539).

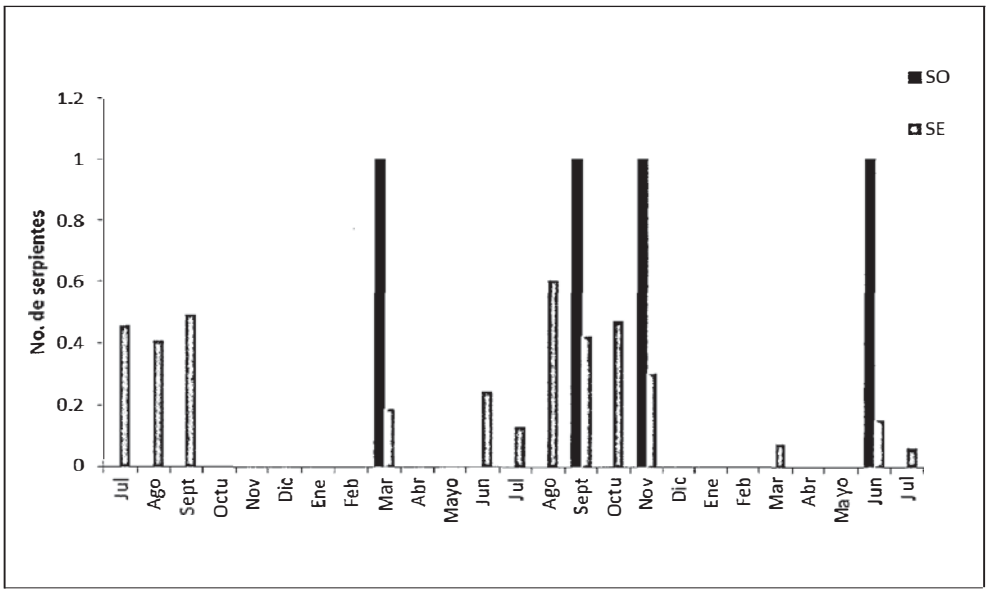

Figura 24. Número de serpientes *C. **mitchellii*** observadas (SO) y esperadas (SE) en búsquedas nocturnas a pie. Los valores observados no fueron significativamente mayores a los esperados. Se aprecia un pico de mayor abundancia en los meses de septiembre a noviembre.

A partir de los datos obtenidos en transecto de carretera (km-recorridos y serpientes observadas), se calculó el esfuerzo relativo de muestreo (ERM) y el número de serpientes esperadas (SE) (Cuadro XXX). Para *C. ruber* se obtuvieron valores de SO y SE en carretera significativamente diferentes (X^2 = 30.8325, gl = 11, P < .0011), observándose una mayor presencia en los meses de septiembre y octubre, que concuerda con el aumento de precipitación (Fig. 25).

Cuadro XXX. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. ruber* en carretera durante agosto 2011-julio 2012.

	2011-2012		
	SO	**SE**	**ERM**
AGO	2	2.23	0.06
SEPT	11	3.10	0.09
OCT	8	5.24	0.15
NOV	2	2.68	0.08
DIC	2	1.79	0.05
ENE	0	1.79	0.05
FEB	1	1.98	0.06
MAR	0	2.96	0.08
ABR	3	3.13	0.09
MAYO	1	2.68	0.08
JUN	3	2.68	0.08
JUL	0	2.68	0.08

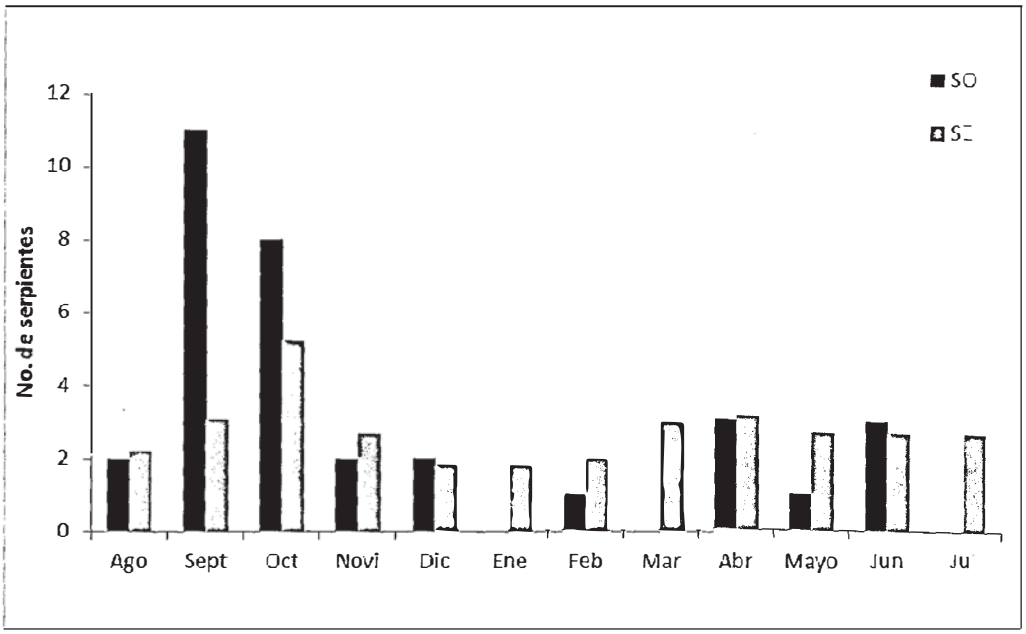

Figura 25. Número de serpientes *C. ruber* observadas y esperadas en transecto de carretera. Se observa una diferencia significativa en los meses de septiembre y octubre.

De la misma forma, se obtuvieron los valores de SO y SE para *C. mitchellii* (Cuadro XXXI), donde no se observa una diferencia significativa entre las serpientes observadas y esperadas (X^2 = 8.0235, gl = 11, P < .7111), aunque se aprecia que su presencia se concentra en los meses con mayor precipitación (Fig. 26).

Cuadro XXXI. Serpientes observadas, serpientes esperadas y esfuerzo relativo mensual (ERM) para *C. mitchellii* en carretera durante agosto 2011-julio 2012.

	2011-2012		
	SO	**SE**	**ERM**
AGO	0	0.27	0.06
SEPT	1	0.37	0.09
OCT	2	0.63	0.15
NOV	1	0.32	0.08
DIC	0	0.21	0.05
ENE	0	0.21	0.05
FEB	0	0.24	0.06
MAR	0	0.35	0.08
ABR	0	0.38	0.09
MAYO	0	0.32	0.08
JUN	0	0.32	0.08
JUL	0	0.32	0.08

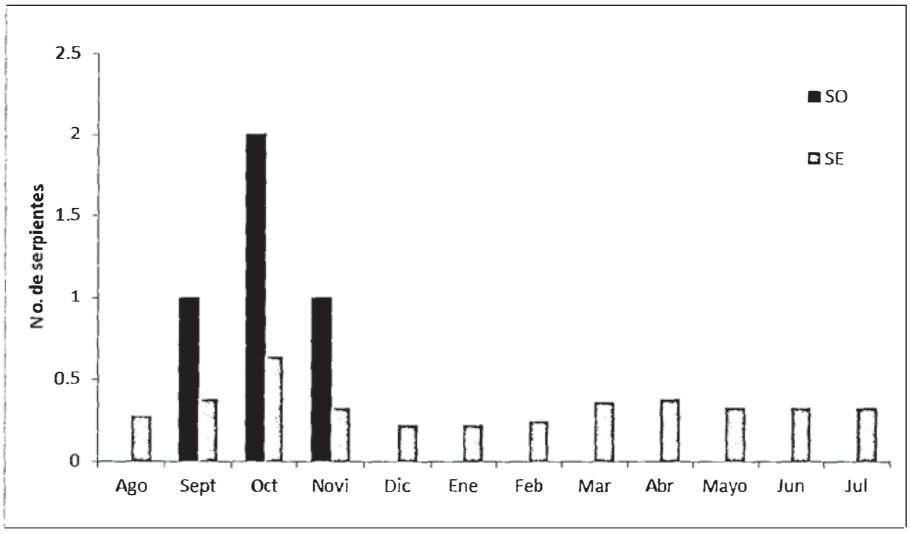

Figura 26. Número de serpientes *C. mitchellii* observadas (SO) y esperadas (SE) en transecto de carretera. Se observa una diferencia ligeramente significativa en los meses de septiembre y octubre.

Abundancia relativa estacional (ARE)

En la temporada de secas se acumularon un total de 43.09 hrs de búsqueda en caminatas nocturnas, en las que se observarontres ejemplares de *C. ruber* (ARE_{SECA} 0.06), y dos ejemplares de *C. mitchellii* (ARE_{SECA} 0.04). Por su parte en la temporada de lluvias se acumuló un total de 89.5 hrs-búsqueda donde se observaron ocho ejemplares de *C. ruber* (ARE_{LLUVIA} 0.08)(una serpiente por cada 11 hrs-búsqueda), dos ejemplares de *C. mitchellii* (ARE_{LLUVIA} 0.02)(una serpiente por cada 45 hrs-búsqueda).

Se observó diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas ($Z = 2.57$, $P < 0.05$). Para *C. ruber* no hubo diferencia significativa entre el número de serpientes encontradas entre estaciones ($X^2 = .12$, gl = 1, $P > .05$). En el caso de *C. mitchellii* tampoco se obtuvo una diferencia significativa ($X^2 = .55$, gl = 1, $P > .05$) (Fig.27).

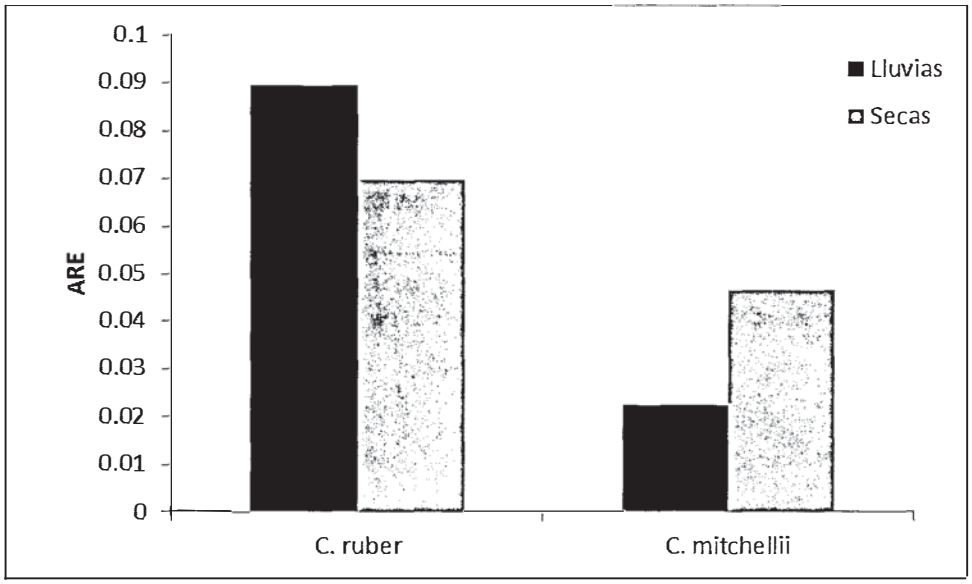

Figura 27. Abundancia relativa estacional de *C. ruber* y *C. mitchellii* encontradas en búsquedas nocturnas a pie.

Para el transecto de carretera en la temporada de secas se acumuló un total de 4145 km recorridos, en los que se observaron ocho ejemplares de *C. ruber* (ARE_{SECA}0.001) y ninguno de *C. mitchellii*. Durante la temporada de lluvias se acumuló un total de 4327.3 km recorridos, donde se observaron 25 ejemplares de *C. ruber* (ARE_{LLUVIA}0.005), es decir, un ejemplar cada 173 km recorridos, cuatro ejemplares de *C. mitchellii* (ARE_{LLUVIA}0.0009), es decir un ejemplar cada 1082 km. No se observó diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas ($Z = -0.57$, $P > 0.05$). Sin embargo, para *C. ruber* se obtuvo diferencia significativa ($X^2 = 8.02$, gl = 1, $P < 0.05$), así como para *C. mitchellii* ($X^2 = 3.83$, gl = 1, $P < 0.05$) (Fig.28).

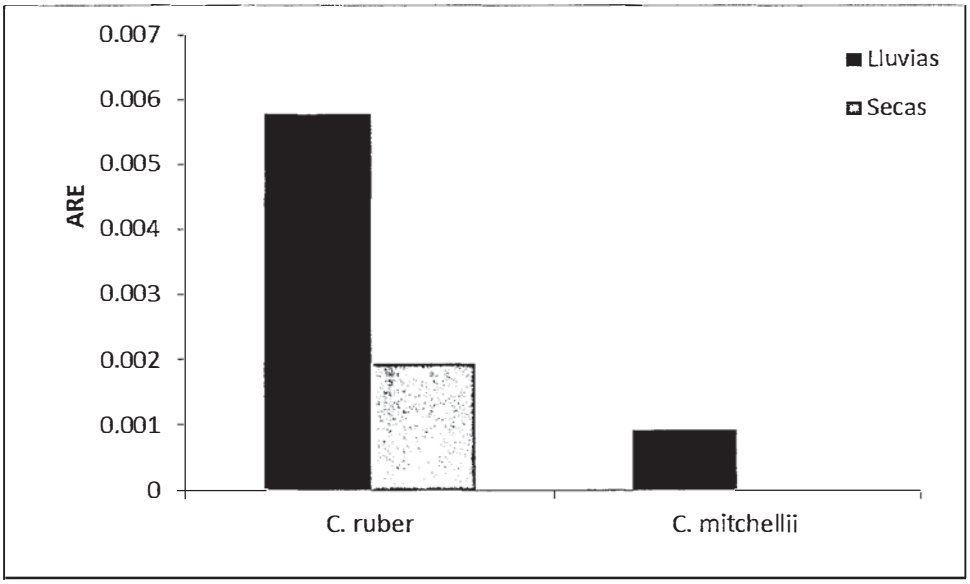

Figura 28. Abundancia relativa estacional de *C. ruber* y *C. mitchellii* encontradas en el transecto de carretera por estación.

Discusión

Mediante el esfuerzo de caminatas nocturnas y carretera se determinó la ARM de *C. ruber* y *C. mitchellii*, donde se observó que *C. ruber* es activa la mayor parte del año en la región del Cabo, mientras que ambas especies tienen mayor actividad en los meses más cálidos y húmedos del año, que corresponde al verano, además, durante las caminatas se observó actividad en el mes de marzo, mientras que en carretera se observaron en abril y mayo, que corresponde con la temporada de apareamiento (Grismer 2002; Gartner y Reiserer 2003; Murillo-Quero 2009).

Durante los recorridos de carretera se determinó que *C. ruber* es activa prácticamente todo el año, reduciendo su actividad sólo en enero, mientras que *C. mitchellii* solo es activa durante septiembre-noviembre. Esto difiere a lo observado por Grismer (2002) en el caso de *C. ruber*, ya que el menciona que esta especie es más activa de marzo a mayo. Durante este estudio no se observó actividad de ambas en marzo durante los recorridos, y mayor actividad de *C. ruber* en el verano.

No se obtuvo una correlación significativa entre la temperatura máxima, mínima, así como la precipitación con la ARM de *C. ruber* durante los recorridos de carretera. Para la ARM de *C. mitchellii* no se obtuvo correlación significativa con la temperatura máxima, mínima, ni con la precipitación. Lo que indica que ambas serpientes pueden llegar a estar activas durante cualquier época del año. Grismer (2002) señala que *C. mitchellii* es más activa desde marzo hasta septiembre, y que durante la primavera es tanto diurna como nocturna. En la región del Cabo, durante el verano es estrictamente nocturna. Pero en este estudio se observó poca actividad en el mes de marzo.

En el transecto de carretera se obtuvo que existe diferencia significativa entre las *C. ruber* observadas y esperadas, con mayor actividad en septiembre y octubre, que coincide con el aumento de precipitación. El aumento de la actividad puede deberse a un aumento en la actividad de forrajeo (Dougan y Hayes 2012). Mientras que en el caso de *C. mitchellii* no se observa diferencia significativa entre las serpientes observadas y esperadas, aunque se observa una mayor actividad de septiembre a octubre. Esta dificultad para observar *C. mitchellii* en la mayor parte del año, se debe a que está estrechamente ligada a su microhábitat, que son sitios rocosos, y sólo se aventura a cortas distancias en las planicies y arroyos arenosos aledaños (Armstrong y Murphy 1979; Grismer 2002).

Se obtuvo una diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas al realizar la búsqueda por medio de caminatas. Pero no se obtuvo diferencia significativa entre el número de *C. ruber* encontradas entre estaciones, así como tampoco para *C. mitchellii*. Para el transecto de carretera no se obtuvo diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas, sin embargo, se obtuvo diferencia significativa entre temporadas para *C. ruber*, así como para *C. mitchellii* con mayor actividad en la estación de lluvias. Esto concuerda con lo observado por Armstrong y Murphy (1979) donde mencionan que *C. mitchellii* es frecuentemente encontrada durante la temporada de lluvias, y por Murillo-Quero (2009), donde señala que *C. ruber* tiene un pico de actividad en el verano, así como otro pico durante el invierno. Como señala Armstrong y Murphy (1979) *C. ruber* es la víbora de cascabel más común en la región del Cabo, lo que concuerda con nuestras observaciones; *C. mitchellii* también se menciona como abundante en la poción sur de Baja California, lo cual difiere a lo obtenido en este estudio, ya que fue la menos abundante, esto tal vez debido, a como se mencionó anteriormente, a su alta afinidad a los sitios rocosos y no aventurarse en mayor medida a sitios aledaños (Grismer 2002; Steen *et al.*2007).

Varias serpientes fueron comúnmente encontradas atropelladas durante la realización de este estudio, mostrando patrones estacionales de atropellamiento. El patrón observado en *C. enyo* fue unimodal con un solo pico de actividad, durante el verano, mientras que *C. ruber* y *C. mitchellii* mostraron un patrón bimodal, siendo poco activas durante la primavera y con mayor actividad durante el verano. Por lo que se obtuvo una mayor cantidad de serpientes atropelladas durante el verano, debido a la actividad de forrajeo en las tres especies (Shepard *et al.* 2008). Al parecer, algunas serpientes que cruzan carreteras responden ante los autos de igual manera que responden ante un depredador, una de estas respuestas es inmovilizarse momentáneamente, o como en el caso de *Crotalus horridus* que permanece inmóvil por periodos más largos, esto aunado a mucho tráfico, alarga el periodo para cruzar las carreteras e incrementa el índice de atropellamiento (Andrews y Gibbons 2005).

Conclusión

1) La víbora *C. ruber* es activa la durante todo el año, reduciendo su actividad en el mes de enero, mostrando un patrón de actividad bimodal, con actividad entre marzo-mayo y una mayor abundancia en la temporada de lluvias. Mientras que *C. mitchellii,* también con patrón bimodal, presenta actividad en marzo, y mayor abundancia en la temporada de lluvias.

2) No se obtuvo correlación significativa entre la ARM y temperatura, así como con la precipitación por parte del *C. ruber* y *C. mitchellii*, por lo que pueden estar activas durante todo el año.

3) La especie más abundante durante el presente estudio fue *C. ruber*, seguida por *C. enyo* y la menos abundante *C. mitchellii*.

13.2. Apéndice II. Sexo, longitud hocico-cloaca, longitud cloaca-cola, números de colecta y colección de los 21 ejemplares de *C. enyo* encontrados en el estudio.

ID	Especie	SEXO	LHC	LCC	# COLECTA	CIB
1	*C. enyo*	Macho	744	65	-	CIB1373
2	*C. enyo*	Macho	643	63	-	-
3	*C. enyo*	Macho	625	63	-	-
4	*C. enyo*	Hembra	683	50	-	-
5	*C. enyo*	Macho	433	42	JHVV 528	CIB 1390
6	*C. enyo*	Hembra	410	35	RACM025	-
7	*C. enyo*	Macho	530	62	RACM027	-
8	*C. enyo*	Macho	450	50	RACM026	-
9	*C. enyo*	Macho	610	60	RACM012	CIB1452
10	*C. enyo*	Macho	600	70	RACM005	CIB1434
11	*C. enyo*	Macho	660	65	RACM002	CIB1431
12	*C. enyo*	Macho	681	59	-	-
13	*C. enyo*	Macho	640	72	RACM001	CIB1430
14	*C. enyo*	Hembra	540	40	RACM010	CIB1446
15	*C. enyo*	Macho	490	45	RACM008	CIB1439
16	*C. enyo*	Macho	690	71	RACM006	CIB1437
17	*C. enyo*	Hembra	605	55	RACM014	-
18	*C. enyo*	Hembra	626	42	RACM020	-
19	*C. enyo*	Macho	725	75	-	-
20	*C. enyo*	Macho	721	75	RACM013	-
21	*C. enyo*	Macho	630	70	-	-

13.3. Apéndice III. Ejemplar macho de *C. enyo* encontrado en selva baja el 07 de octubre de 2011.

13.4. Apéndice IV. Ejemplar macho de *C. enyo* encontrado atropellado en el transecto de carretera.