



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

ANÁLISIS DE UNA TÉCNICA ALTERNATIVA NO INVASIVA
PARA EL ESTUDIO DE DESPLAZAMIENTOS Y USO DE HÁBITAT
DE SERPIENTES DE CASCABEL EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO.

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

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

Presenta

Alejandro Villicaña Ley

La Paz, Baja California Sur, junio de 2022.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 12:00 horas del día 2 del Mes de abril del 2022, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Análisis de una técnica alternativa no invasiva para el estudio de desplazamientos y uso de hábitat de serpientes de cascabel en un ambiente semiárido."

Presentada por el alumno:

ALEJANDRO VILICAÑA LEY

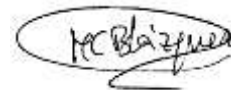
Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **Ecología en Zonas Áridas.**

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

LA COMISIÓN REVISORA



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco
Director de Tesis



Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Co-Tutora de Tesis



Dra. Ana Bertha Gatica Colima
Co-Tutora de Tesis



Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos.

La Paz, Baja California Sur, a 2 de abril de 2022

Los miembros del comité de tesis del (la) estudiante VILLICAÑA LEY ALEJANDRO del Programa de Maestría en Uso y Manejo de los Recursos Naturales, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el Vo.Bo. dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio:

Ithenticate

- Filtros utilizados:



Crossref



Crossref Posted Content



Internet



ProQuest



Publicaciones

- Porcentajes de similitud:

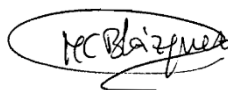
12%

Citas excluidas		12%
Bibliografía excluida		SIMILAR
Resumen de Coincidencias		
1	Internet 730 palabras Copiado el 21-Jul-2020 cibnor.repositorioinstitucional.mx	5%
2	Internet 419 palabras Copiado el 24-Nov-2020 www.conanp.gob.mx	3%
3	Internet 85 palabras Copiado el 19-Abr-2020 es.scribd.com	1%
4	Internet 59 palabras Copiado el 27-May-2021 www.cibnor.gob.mx	<1%
5	Internet 30 palabras Copiado el 29-Oct-2014 viadimirkuzmin.org	<1%
6	Internet 24 palabras Copiado el 07-Abr-2021 tesis.ipn.mx	<1%
7	Internet 21 palabras Copiado el 15-Nov-2021 www.conabio.gob.mx	<1%

Firmas del comité



Dr. Gustavo Arnaud Franco
Director Tesis



Dra. Carmen Blázquez Moreno
Co-tutora



Dra. Ana Gatica Colima
Co-tutora

Conformación de Comités

Comité Tutorial

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Director de Tesis

Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Tutora de Tesis

Dra. Ana Bertha Gatica Colima
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Co-Tutora de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dr. Gustavo Alberero Arnaud Franco
Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Dra. Ana Bertha Gatica Colima

Jurado de Examen

Dr. Gustavo Alberero Arnaud Franco
Dra. María del Carmen Blázquez Moreno
Dra. Ana Bertha Gatica Colima

Suplente

Dra. Patricia Galina Tessaro

Resumen

La función de las serpientes de cascabel en los ecosistemas es de suma importancia pues intervienen en las redes tróficas como depredadoras intermedias, por lo tanto, pueden ser consideradas indicadores de la integridad de sistema ambiental debido a que son sensibles a los cambios que ocurren en sus componentes. Conocer los requerimientos ecológicos de las serpientes de cascabel implica tener información sobre sus desplazamientos. Para ello comúnmente se utiliza la telemetría, una técnica invasiva. En algunas ocasiones también se ha utilizado una técnica poco invasiva conocida como el método del carrete de hilo. Mediante esta técnica es posible estimar la sinuosidad de los movimientos de los animales marcados y no solo la distancia total recorrida en línea recta. El objetivo principal de esta investigación fue comparar mediante revisión bibliográfica ambas técnicas para el estudio de desplazamientos en serpientes de cascabel en un ambiente semiárido. Como objetivo secundario usamos la técnica del carrete de hilo para describir el hábitat usado por algunas serpientes. En concreto se trabajó siete *Crotalus ruber* adultos que fueron seguidos una media de 8.72 ± 7.98 días (rango de 2-20), durante la primavera (época seca) y el otoño (después de lluvias de verano) en dos localidades distintas costeras de matorral sarcocaulé. Durante el invierno (lluvias de invierno) no encontramos suficientes animales activos para realizar los seguimientos. La técnica del carrete de hilo resultó poco invasiva; ya que su colocación es de forma externa, no implica cirugía en el animal y su costo es menor a la telemetría, en la práctica el método del carrete de hilo ofrece mayor detalle en aspectos del desplazamiento de los ejemplares como la sinuosidad, o los metros totales recorridos por día. Los crótalos mostraron preferencia a desplazarse bajo cobertura vegetal (70 a 80% de sus recorridos). Los individuos seguidos mostraron fidelidad a sus refugios con desplazamientos nocturnos cortos desde ellos, y no todas las noches. Permanecieron en cada refugio una media de 3.1 ± 3.3 noches. En total aún los seguidos durante 20 días no superaron los 300 m de desplazamiento (max 65 m en línea recta). No encontramos diferencia en la distancia media recorrida por día entre las dos localizaciones (aprox 34 m/día), ni en la sinuosidad (0.26) entre localidades o sexos. Las serpientes usaron plantas de gran cobertura como refugio durante las horas de inactividad (día). En la mayoría de las ocasiones usaron árboles o arbustos (50%) y cáctaceas (30%), especialmente la pitahaya agria. Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que la técnica de carrete de hilo es una alternativa poco invasiva viable para su implementación en serpientes de cascabel de zonas áridas, ya que permite recabar de forma rápida información sobre sus desplazamientos y uso de hábitat.

Palabras clave: *carrete de hilo, telemetría, serpiente cascabel.*

ORCID:0000-0003-0483-1162



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco
Director de Tesis

Summary

The role of rattlesnakes in ecosystems is of the utmost importance since they intervene in food webs as intermediate predators, therefore, they can be considered indicators of the integrity of the environmental system because they are sensitive to the changes that occur in their environment components. Knowing the ecological requirements of rattlesnakes implies having information about their movements. Telemetry, an invasive technique, is commonly used for this. On some occasions, a minimally invasive technique known as the spool of thread method has also been used. Through this technique it is possible to estimate the sinuosity of the movements of the marked animals and not only the total distance traveled in a straight line. The main purpose of this research was to compare both techniques for the study of movements in rattlesnakes in a semi-arid environment by means of a bibliographic review. As a secondary objective we use the spool of thread technique to describe the habitat used by some snakes. We worked with seven adult individuals of *Crotalus ruber*. We followed them an average of 8.72 ± 7.98 days (range 2-20) during spring (dry season) and fall (after summer rains), in two separate coastal sites of sarcocaulous vegetation. During the winter (winter rains) we failed to find active animals to be followed. The thread spool technique was minimally invasive; since its placement is external, it does not involve surgery on the animal and its cost is less than telemetry, in practice the thread spool method offers greater detail in aspects of the movement of the specimens such as sinuosity, or meters Total tours per day. The rattlesnakes showed a preference to move under plant cover (70 to 80% of their routes). The tracked snakes shown fidelity to their shelters, and made short nocturnal movements from them, but not every night. They stayed in each refuge in average 3.1 ± 3.3 days; range (1-11). The total displacement registered in 20 days was not longer than 300 m (65 m in straight line). We didn't find differences between locations in the average daily distance travelled (aprx 34 m/day). Neither in the sinuosity between locations or sexes (0.26). The snakes mainly choose big trees or bushes as shelters in (50%) or cacti (30%), specially sour pitahaya. The results obtained in the present study showed that the thread spool technique is a viable, minimally invasive alternative for its implementation in rattlesnakes in arid zones, since it allows the rapid collection of information on their movements and habitat use.

Keywords: *spool of thread, telemetry, rattlesnake.*

ORCID:0000-0003-0483-1162



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco
Director de Tesis

Dedicatoria

A la memoria de mi Abuelo el Señor Eduardo Félix Ley Lorenzana (1926-2021). Un hombre muy trabajador con gran espíritu de servicio; quien nos inculcó grandes valores. Pero sobre todo, Lalo fue un ser humano con un gran corazón.

También a la pequeña sobrinita Emilia Villicaña Zepeda (septiembre 2021), quién trajo alegría a la familia.

Agradecimientos

Al CONACyT por la oportunidad que me brindó al otorgarme la beca (No. 1000056) para poder realizar mis estudios de Posgrado y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por permitirme cursar la Maestría en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales.

Al Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco por su Dirección a lo largo de este Posgrado, por sus consejos en campo, su gran calidad humana, por brindarme su apoyo y amistad, así como muchos momentos agradables que pasamos durante las prácticas. A mis Co-Tutoras de Tesis Dra. María del Carmen Blázquez Moreno y Dra. Ana Bertha Gatica Colima, por darme su tiempo en apoyarme en mi formación durante la revisión y elaboración de este trabajo.

A la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos, en especial a la Dra. Gracia Alicia Gómez Anduro, la Lic. Osvelia Ibarra Morales, a Tania Verónica Núñez Valdez, por su apoyo y orientación en todo momento de mi preparación en el Posgrado.

Al Ing. Horacio Sandoval Gómez por su apoyo con los equipos de cómputo y en los enlaces para presentar los seminarios durante la pandemia.

Al equipo que me asistió durante el muestreo de campo: Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco, Tania Pérez Fiol, Dr. Israel Guerrero Cárdenas. A mis camaradas Marcos Acosta, Cristián Machuca, Dailenys Batista y Tania Pérez Fiol por las salidas de senderismo en esos momentos de soledad a la distancia.

A mi familia por su apoyo incondicional Ing. Alejandro Villicaña Murillo y a la Ing. Patricia Aurora Ley de Villicaña, a mi Abuelita Aurora Fong Landeros.

Contenido	
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Lista de figuras	vii
Lista de tablas	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Estudios sobre ecología espacial y desplazamiento en serpientes	4
3. JUSTIFICACIÓN	7
3.1 Importancia Científica	7
3.2 Importancia para el desarrollo	7
4. HIPÓTESIS	8
5. OBJETIVOS	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos particulares.....	9
6. MATERIALES Y MÉTODOS	10
6.1 Comparación descriptiva entre las técnicas del carrete de hilo y de telemetría	10
6.2 Implementación de la técnica de carrete de hilo en individuos de tres especies de serpientes de cascabel.....	10
6.2.1 Áreas y temporadas de muestreo.....	10
6.2.2 Búsqueda y captura de serpientes.....	12
6.2.3 Colocación y uso del método del carrete de hilo (nylon)	12
6.3 Especies de serpientes de cascabel a las que se les colocó carrete de hilo	14
6.3.1 Descripción de <i>Crotalus ruber</i> (Cope, 1982)	14
6.3.2 Descripción de <i>Crotalus mitchellii</i> (Cope, 1961)	15
6.3.3 Descripción de <i>Crotalus enyo</i> (Cope, 1961)	16
6.4 Patrones de desplazamiento	17
6.5 Estimación de la sinuosidad	18
6.6 Evaluación de áreas de actividad de serpientes.....	18
6.7 Evaluación del hábitat	19
6.7.1 Microhábitat de los refugios.....	19
6.8 Análisis de datos	19
6.8.1 Desplazamientos.....	19
6.8.2 Uso del hábitat.....	20
7. RESULTADOS	21
7.1 Comparación descriptiva entre técnicas	21
7.2 Número de individuos seguidos y características morfológicas	24
7.2.1 Tallas y sexos.....	25
7.2.1.1 Lluvias de invierno (enero 2020 y febrero 2021)	25
7.2.1.2 Lluvias de verano (Septiembre-Octubre 2020)	26
7.2.1.3 Temporada seca (mayo 2021).....	27
7.3 Desplazamiento	28

7.3.1 Lluvias de invierno desplazamientos totales	28
7.3.2 Lluvias de verano desplazamientos totales	29
7.3.3 Temporada seca desplazamientos totales.....	30
7.3.4 Desplazamiento total por día y grado de sinuosidad	31
7.3.5 Actividad de los individuos	33
7.4 Caracterización de micro hábitat	36
7.4.1 Refugios.....	36
7.4.2 Cobertura vegetal de los refugios.....	36
7.4.3 Humedad relativa de los refugios	37
7.4.4 Temperatura de los refugios.....	38
8. DISCUSIÓN	40
8.1 Comparación de las técnicas	40
8.2 Desplazamientos.....	43
8.3 Uso de la vegetación.....	44
8.4 Características de los refugios	45
9. CONCLUSIONES	47
9.1 Recomendaciones.....	48
10. LITERATURA CITADA	49

Lista de figuras

Figura 1. Área de muestreo (Google maps, editado).....	11
Figura 2. Carrete de hilo de nylon que se fijó a las serpientes.	13
Figura 3. Serpiente de cascabel <i>Crotalus mitchellii</i> con carrete de hilo fijo a su cuerpo con cinta adhesiva tipo Transpore [®]	14
Figura 4. Distribución de <i>C. ruber</i> (Campbell y Lamar, 2004).	15
Figura 5. Distribución de <i>C. mitchellii</i> (McCrystal <i>et al.</i> , 1986).....	16
Figura 6. Distribución de <i>Crotalus enyo</i> (Beaman y Grismer, 1994).....	17
Figura 7. Desplazamiento (a) desde un punto inicial (1) a un punto final (2) y movimiento (b), de serpientes a las que se fijó un carrete de hilo (Tozetti y Martins, 2007).....	18
Figura 8. Área de actividad de la Cr 10, 01, 2020.	35
Figura 9. Área de actividad de la Cr 10, 02, 2020.	35

Lista de tablas

Tabla 1. Temporadas de muestreos.....	12
Tabla 2. Comparación de elementos generales entre técnicas.....	21
Tabla 3. Comparación de parámetros de desplazamiento.....	23
Tabla 4. Comparación de parámetros de caracterización de micro hábitat	24
Tabla 5. Número de serpientes seguidas por temporada. En la temporada de lluvias de invierno las hembras (2) corresponden a las especies <i>C. mitchellii</i> y <i>C. enyo</i> (una de cada una), de estas se siguieron 8 que presentaron actividad (las inactivas fueron 1 <i>C. mitchellii</i> hembra y 2 <i>C. ruber</i>).	25
Tabla 6. Lluvias de invierno, enero 2020 (2 <i>C. ruber</i>) y febrero 2021 (1 <i>C. mitchellii</i> y 1 <i>C. enyo</i>)	26
Tabla 7. Tallas y pesos de <i>C. ruber</i> en la Temporada de Lluvias de verano (septiembre-octubre 2020).....	26
Tabla 8. Tallas y pesos de <i>C. ruber</i> temporada seca (mayo 2021).....	27
Tabla 9. Características de seguimiento en la temporada de lluvias de invierno. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), %RSD (% Recorrido en suelo desnudo).	28
Tabla 10. Características de seguimiento en la temporada de lluvias de verano. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), %RSD (% Recorrido en suelo desnudo).	29
Tabla 11. Características de seguimiento en la temporada seca. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), % RSD (% Recorrido en suelo desnudo).....	31
Tabla 12. Descriptivos del desplazamiento total por día y sinuosidad durante la temporada de lluvias de verano y temporada seca. E (especie), S (sexo), T (temporada), LV (Lluvias de verano), NDS (Número de días de seguimiento), DT/D (Desplazamiento total por día), NRU (Número de refugios usados)	32
Tabla 13. Área de actividad de víboras muestreadas. Orden descendente según el tamaño que presentaron de área de actividad total (m ²).....	34
Tabla 14. Distancia recorrida entre refugios.	36
Tabla 15. Tipo de vegetación por refugio usado por las serpientes.....	37
Tabla 16. Humedad relativa media de cada refugio, temporada de lluvias de verano (sep-oct 2020), Mogote. N=3	38
Tabla 17. Humedad relativa media de cada refugio, temporada seca (mayo 2021), Comitán. N=3	38
Tabla 18. Temperatura media de cada refugio, temporada de lluvias de verano (sep-oct 2020), Mogote, N=3.....	39
Tabla 19. Temperatura media de cada refugio, temporada seca (mayo 2021), Comitán, N=3.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La función biológica de las serpientes de cascabel en los ecosistemas es de gran relevancia, porque intervienen en las cascadas tróficas como depredadoras intermedias, por lo que pueden ser consideradas indicadores de la calidad ambiental, y de equilibrio entre las especies del ecosistema, como ocurre con otros reptiles y anfibios (Tuberville *et al.*, 2005).

Como todos los reptiles, las serpientes son de naturaleza ectotérmica; es decir, sus funciones corporales están estrechamente ligadas con la temperatura ambiental y del sustrato (Hertz *et al.*, 1993).

Una adecuada termorregulación permite a un reptil tener un óptimo desempeño de sus procesos fisiológicos, como la tasa metabólica, digestión, crecimiento y reproducción; también de sus procesos conductuales como movimientos para rastrear o buscar presas, velocidad de ataque, movimientos de huida o de defensa, que le permiten la supervivencia, y mantener sus requerimientos ecológicos como buscar refugios térmicos adecuados. Para conseguir la temperatura adecuada los reptiles ajustan tanto su patrón de actividad como el uso y selección del tipo hábitat en el que realizan tales actividades (Huey, 1982; Hertz *et al.*, 1993; Peterson *et al.*, 1993; Webb *et al.*, 2004; Angilletta, 2009).

También requieren buscar alimento y cobertura (refugios), lo cual tiene una estrecha relación con sus patrones de desplazamiento (Garton *et al.*, 2001, Gregory *et al.*, 1987). En este contexto, tanto los desplazamientos como el uso del hábitat son componentes claves del comportamiento de los ofidios (Reinert y Zappalorti, 1988), porque reflejan variaciones de distribución espacio-temporal de los recursos, lo que implica que los desplazamientos no son al azar (Gregory *et al.*, 1987).

Dadas las diferentes tallas entre especies, que puede implicar diferentes necesidades energéticas, es posible que sus movimientos varíen entre especies, además de que otros factores influyan en ello, como las condiciones del hábitat, sobre todo si éste presenta una baja productividad, como ocurren en regiones áridas (Beaupre, 2008).

Para el análisis de los desplazamientos de las serpientes se ha utilizado principalmente la técnica de telemetría (Buchanan *et al.*, 2017; De Gregorio *et al.*, 2018; Lomas *et al.*, 2019; Maida *et al.*, 2020), la cual sin embargo es un método invasivo que requiere fijar un emisor de una señal ya sea interna (a través de una cirugía) o externamente. En contraste existe otro método menos invasivo conocido como el carrete de hilo (spool-line), que consiste en fijar un carrete o bobina de hilo de nylon o algodón a la serpiente, en el tercer segmento del individuo, mediante un material adhesivo, lo que convierte a esta técnica en una alternativa más “amigable” para la salud y el bienestar animal, además de que proporciona la distancia real recorrida por el individuo (Arnaud *et al.*, 2008; Tozetti y Martins, 2007), en lugar de solo estimaciones de movimiento de punto a punto como ocurre con la telemetría.

En relación a lo expuesto, la telemetría es la transmisión a distancia de información por medio de ondas electromagnéticas, generalmente por ondas de radio, donde se utiliza un transmisor, colocado en el animal silvestre en vida libre, a un receptor. Esta técnica ha influido en la investigación en vida silvestre, porque ha permitido contestar preguntas ecológicas y de manejo, imposibles de responder de otra forma, debido a que muchas especies de animales silvestres son difíciles de observar y de seguir en el campo (Cooke *et al.* 2004), sin embargo, es una técnica que puede ser difícil de utilizar en ciertas condiciones geográficas (como en cañadas cerradas) o por su costo económico.

En México las serpientes de cascabel están representadas por 45 de las 53 especies descritas (Uetz *et al.*, 2020), de las cuales en la región noroeste (Península de Baja California e islas del Golfo de California y Pacífico) se distribuyen 15 especies (Grismer, 2002). De estas especies, tres se encuentran presentes en la región meridional de la península (*Crotalus ruber*, *C. mitchellii* y *C. enyo*) viviendo en simpatría, de las cuales se desconoce mucho sobre su historia natural y particularmente del uso que hacen del hábitat y de sus desplazamientos, por lo tanto, es de suma importancia llevar a cabo el presente estudio que sienta la base para futuras investigaciones interdisciplinarias.

En este contexto, el presente estudio abordó los siguientes objetivos:

- 1) Realizar una comparación bibliográfica descriptiva de la telemetría y carrete de hilo en la determinación de los patrones de desplazamiento en serpientes de cascabel.
- 2) Se implementó la técnica del carrete de hilo para estudiar los patrones de desplazamiento en serpientes de cascabel, en un matorral xerófilo, Baja California Sur, México.
- 3) Se analizaron los resultados obtenidos de la ejecución de la técnica del carrete de hilo para caracterizar los microhábitats que usaron las serpientes de cascabel a través de su ciclo anual, en un matorral xerófilo, Baja California Sur, México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Estudios sobre ecología espacial y desplazamiento en serpientes

Para el estudio de la ecología espacial y desplazamientos en serpientes, se han utilizado diferentes metodologías y técnicas, entre las que figura la telemetría (Reinert y Cundall, 1982; Reinert y Zappalorti, 1988; Beaupre, 1995; Beck, 1995; Ashton y Patton, 2001; Prival *et al.*, 2002; Ashton, 2003), marcadores radioactivos (Reinert, 2001), la observación directa (Oliveira y Martins, 2001; Valdujo *et al.*, 2002; Hobert *et al.*, 2004) y el uso de carretes de hilo (conocido como spool-line, en inglés) (Dole, 1965; Toledo *et al.*, 2005; Tozetti, 2005; Forester, 2006).

La telemetría ha sido utilizada en diferentes grupos taxonómicos, utilizando radio-collares, sin embargo en ofidios se utiliza principalmente su implantación interna en el animal, lo que implica un proceso quirúrgico de carácter invasivo, ya que requiere el implante del emisor en la cavidad intra-peritoneal (Reinert y Cundall, 1982), Mata-Silva *et al.*, (2008) comentan que existen riesgos durante y después de la cirugía, al agotarse la batería se puede requerir que el animal sea nuevamente manipulado quirúrgicamente teniendo como resultado que esto pueda afectar la sobrevivencia de la serpiente a la cual se le coloca, además de una disminución de la intensidad de la señal al colocarse al interior del cuerpo del ejemplar.

Graves y Duval (1993) demostraron también que los radiotransmisores implantados en serpientes hembras, podían afectar su proceso reproductivo.

Como alternativa a este método está el de carrete de hilo como método no invasivo, que ha sido utilizado en anfibios (Dole, 1965; Toledo *et al.*, 2005; Tozetti, 2005; Forester, 2006), tortugas (Willson, 1994; Kaye *et al.*, 2005), roedores (Steinwald *et al.*, 2006; Boonstra y Craine, 1986; Cox *et al.* 2000; Gillis y Nams, 1998) y tlacuaches (Loretto y Vieira, 2005). Su uso en serpientes de cascabel de zonas áridas ha sido escaso (Arnaud *et al.*, 2008; Murillo, 2009; Hernández 2010).

Entre los estudios que se han realizado en zonas áridas con serpientes de cascabel utilizando la telemetría para analizar sus desplazamientos y uso de hábitat, se pueden destacar:

El realizado en el estado de California, Estados Unidos donde tras rastrear a las serpientes (*C. ruber*) en dos sitios donde el hábitat fue fragmentado por el desarrollo urbano y dos sitios de hábitats centrales, se descubrió que a medida que aumenta la complejidad del paisaje, disminuía el desplazamiento cuadrático neto (Tracey, 2000).

El estudio llevado a cabo en Colorado, Estados Unidos donde se demostró que la especie (*C. mitchellii*) presenta una alta fidelidad a los sitios que estas usan como refugios a pesar de tener una amplia cantidad de sitios adecuados para hibernación. También se encontró con los ejemplares sujetos a estudio que los movimientos de los machos estuvieron influenciados por la variación espacial en la probabilidad de encontrar hembras (Greenberg, 2002).

La técnica de carrete de hilo ha sido empleada en pocos estudios para las condiciones de ambientes semi áridos, de Baja California Sur; tomando como referencia:

El estudio de Murillo, (2009), en el cual se analizaron los factores que influyen en el uso de hábitat de la *C. ruber* dentro de un hábitat de matorral xerófilo, donde se dio seguimiento a un total de 30 individuos (25 adultos) concluyendo que la *C. ruber* es una serpiente activa toda el año en las condiciones presentes en la región de estudio con incrementos de actividad entre los meses de agosto y septiembre correspondientes a las lluvias de verano y donde mostraron mayor porcentaje de alimentación, de desplazamiento y abundancia relativa, también se concluyó que esta serpiente en esta región es de hábitos preferentemente nocturnos durante todo el año, otro dato que cabe destacar de este estudio es que tiene una gran fidelidad a los refugios; siendo las hembras más sedentarias que los machos y que la técnica del carrete de hilo permitió constatar que existe una mayor preferencia a desplazarse por debajo de la cobertura vegetal habiendo una relación inversa entre el desplazamiento y la cobertura.

Por otro lado, en un estudio llevado a cabo con *C. catalinensis* en la isla Catalana se siguió por espacio de cuatro días a un total de 34 individuos (17 machos y 17 hembras) en los meses de marzo, mayo, septiembre y noviembre del año 2010 el método del carrete de hilo. Se pudo observar que el sustrato predominante por el que la especie en cuestión se desplazó en mayor porcentaje fueron los árboles y usaron el mismo tipo de sustrato durante los meses de muestreo. Se midieron desplazamientos obteniéndose una distancia de trayectoria recorrida (DTR) en un rango= 1.3 -133.1 m, con variación no significativa entre los meses de muestreo. La DTR fue similar entre hembras y machos (Hernández, 2010).

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 Importancia Científica

Si bien existen estudios que han abordado la ecología espacial de reptiles y mamíferos con la técnica del carrete de hilo en zonas áridas, para el caso de serpientes de cascabel solo existen tres estudios para Norteamérica realizados en México (Arnaud *et al.*, 2008; Murillo, 2009; Hernández, 2010). Por lo tanto, este estudio aporta datos para la validación de esta metodología.

3.2 Importancia para el desarrollo

Se busca la optimización de una metodología alternativa a la telemetría, que sea de bajo costo e implique escasos daños en la salud de los animales sujetos a estudio.

Ante la escasa cantidad de datos en lo que respecta al estudio de movimientos, desplazamiento y uso de hábitat en regiones de hábitat de matorral xerófilo y el desarrollo de una metodología alternativa al uso de la técnica de la telemetría surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Podría utilizarse el método alternativo del carrete de hilo por ser menos invasivo que la telemetría en serpientes de cascabel, para estudios de uso de hábitat y desplazamiento en zonas semiáridas?

4. HIPÓTESIS

La telemetría es una técnica que se utiliza para el análisis de los desplazamientos y uso de hábitat de serpientes, sin embargo es una técnica invasiva y cara. Alternativamente el carrete de hilo, podría ser útil para estudiar esos mismos parámetros.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Realizar una comparación bibliográfica descriptiva de las técnicas de telemetría y carrete de hilo para el estudio de los patrones de desplazamiento y uso de hábitat en serpientes de cascabel.

5.2 Objetivos particulares

-Utilizar la técnica del carrete de hilo para estudiar los patrones de desplazamiento en serpientes de cascabel en un matorral xerófilo de Baja California Sur, México.

-Caracterizar los microhábitats de los refugios que usaron las serpientes de cascabel seguidas por esta técnica en un matorral xerófilo de Baja California Sur, México.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Comparación descriptiva entre las técnicas del carrete de hilo y de telemetría

La comparación entre las dos técnicas se llevó a cabo tras una búsqueda de información por internet utilizando los siguientes buscadores: Google académico, Pubmed, Scopus, Sciendirect.

Para la comparación se partió de la información reseñada en publicaciones científicas y con proveedores de carretes de hilo, complementada con información obtenida en el desarrollo de la presente investigación, los puntos de comparación fueron: la invasividad, el sitio de colocación en el animal (zona del cuerpo), las tallas de animales en que pueden ser implementadas las técnicas, las afectaciones causadas a los ejemplares, el inicio de toma de datos después de la implantación, la precisión que se tiene para encontrar al animal, el tipo de seguimiento del individuo, el tiempo de seguimiento de los ejemplares y los costos.

Esto fue evaluado de manera descriptiva siendo presentado en las tablas (2-4) que aparecen en la sección de resultados.

6.2 Implementación de la técnica de carrete de hilo en individuos de tres especies de serpientes de cascabel

6.2.1 Áreas y temporadas de muestreo

Los muestreos se llevaron a cabo en un hábitat de matorral xerófilo de la región meridional de Baja California Sur. Se trabajó en dos localidades distantes 4.8 km entre sí. Uno en el área conocida como “El Comitán”, que forma parte de la Estación Biológica “Laura Arriaga” del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), y otra área conocida como el Mogote (Figura 1).



Figura 1. Área de muestreo (Google maps, editado).

El Comitán se ubica en el municipio de La Paz. El clima de la zona se clasifica como BW(h) hw(e), que se refiere a climas muy áridos, seco cálido con precipitación invernal inferior al 10%, con inviernos frescos y una precipitación anual promedio de 185 mm, donde la temperatura promedio es de 28° C (García, 1981).

Los datos climáticos de la estación meteorológica de la Bahía de La Paz indican que la humedad relativa de esta zona es de 50% durante el día, con una evaporación anual de 2387 mm en promedio; la máxima precipitación se presenta durante los meses de septiembre con 60 mm y agosto con 43 mm. Las lluvias invernales hacen que el mes de diciembre sea el tercer mes con mayor precipitación con un promedio pluvial de 20 mm (Jiménez- Illescas *et al.*, 1997).

El Mogote se ubica al noroeste de la ciudad de La Paz, el cual es una barra arenosa que funciona como división natural de la Bahía y Ensenada de La Paz; su topografía consta de dunas móviles y planicies. Esta área presenta las mismas condiciones meteorológicas que el Comitán (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997).

En Baja California Sur, se distinguen tres épocas del año en función de los periodos de lluvia, la primera que va de marzo a junio que es la temporada seca, la segunda que va de julio a octubre

es temporada de lluvias de verano, y la tercera de noviembre a febrero que es la de lluvias de invierno, (Salinas *et al.*, 1990).

En la región predomina la vegetación xerófila que comprende: cactáceas de tallos carnosos cilíndricos o aplanados (cardones *Pachycereus*, biznagas *Ferocactus*, chollas *Opuntia cholla*, pitahayas *Stenocereus*, garambullos *Lophocereus*) (Velderrain *et al.*, 2010).

6.2.2 Búsqueda y captura de serpientes

La búsqueda y captura de las serpientes del género *Crotalus* para fijar los carretes de hilo, se llevó a cabo a través de recorridos nocturnos, por un equipo integrado por cuatro personas. Cada búsqueda inició una hora antes de la puesta del sol y hasta cuatro horas posteriores durante la noche. Una vez que fueron encontrados los individuos, fueron capturados con ayuda de pinzas, ganchos y tubos herpetológicos de acrílico. De cada individuo se registró: longitud hocico-cloaca, longitud cola, peso, sexo y edad, y se georreferenció el sitio de captura (Arnaud *et al.*, 2008; Murillo, 2009).

Los meses en los que se llevaron a cabo los muestreos, así como su temporada correspondiente, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Temporadas de muestreos

Temporada	Lluvias de verano	Lluvias de invierno	Temporada seca
Mes	Septiembre - Octubre 2020	Enero 2020 Febrero 2021	Mayo 2021
Número de muestreos	1	2	1

6.2.3 Colocación y uso del método del carrete de hilo (nylon)

El carrete de hilo de nylon fue fijado a la serpiente por medio de una cinta adhesiva (cinta quirúrgica de plástico tipo Transpore[®] o bien en ocasiones con cinta de ducto gris), al tercer

segmento del cuerpo, separado por arriba del área cloacal. El carrete de hilo de nylon, de 40 mm de longitud y 14 mm de ancho tiene un peso de 4.4 g y 180 m de línea (Figura 1), está embobinado de adentro hacia afuera para permitir la liberación del hilo desde el interior. Para colocarlo en una serpiente se envolvió en plástico del tipo *clean pack* para fijarlo al dorso de cada individuo (Figura 2). El plástico impide que el hilo tenga contacto con la cinta adhesiva y pueda ser jalado por la serpiente al desplazarse.

El extremo del hilo que sale del carrete se fijó a una estaca, para que al desplazarse el animal el hilo se jale y vaya saliendo del carrete o bobina.

Cada animal se siguió por un máximo de 20 días registrando diariamente la longitud de su desplazamiento (media de distancias totales en línea recta, línea curva, línea curva en suelo desnudo, total por día y grado de sinuosidad), de acuerdo a la metodología descrita para serpientes de cascabel con esta técnica: (Arnaud *et al.*, 2008; Murillo, 2009; Hernández, 2010).



Figura 2. Carrete de hilo de nylon que se fijó a las serpientes.

Se colocó a la serpiente en el mismo sitio en el cual fue encontrada. Al ser liberada, el hilo indicó la trayectoria seguida por la serpiente, a manera de rastro (Figura 3).



Figura 3. Serpiente de cascabel *Crotalus mitchellii* con carrete de hilo fijo a su cuerpo con cinta adhesiva tipo Transpore®.

6.3 Especies de serpientes de cascabel a las que se les colocó carrete de hilo

Los carretes de hilo fueron colocados en serpientes de tres especies presentes en la región: *Crotalus ruber*, *C. mitchellii* y *C. enyo*.

6.3.1 Descripción de *Crotalus ruber* (Cope, 1982)

Esta serpiente de cascabel se distribuye en el extremo suroeste de los Estados Unidos de América y en el noroeste de México; es decir, desde el estado de California hasta el límite sur de la península de Baja California, además de habitar en las islas más próximas a la península de Baja California (Campbell y Lamar, 2004; Heimes, 2016) (Figura 4). Se distribuye en vegetación de bosques de pino-encino, bosques tropicales caducifolios, chaparrales y de desiertos. Tiene predilección por terrenos con malezas y cactáceas, además de preferir sitios rocosos (Campbell y Lamar, 2004; Heimes, 2016; Brown *et al.*, 2008).

Su talla alcanza los 162 cm (Campbell y Lamar, 2004). Se alimenta principalmente de mamíferos pequeños (alrededor del 90%) como roedores y lagomorfos; también consume lagartijas y aves (Dugan y Hayes, 2012).

La reproducción ocurre en la primavera, entre los meses de marzo y mayo, los nacimientos se presentan entre julio y septiembre en la región sur del estado de California, Estados Unidos (Campbell y Lamar, 2004; Heimes, 2016; Brown *et al.*, 2008).

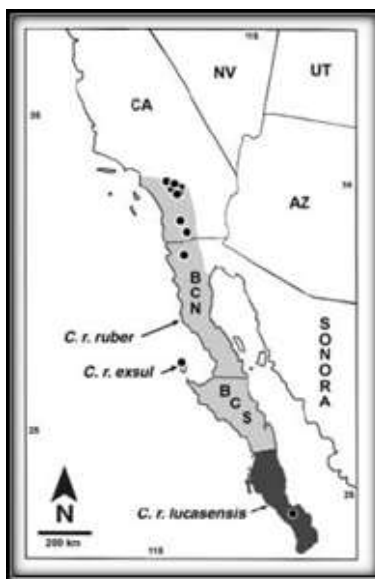


Figura 4. Distribución de *C. ruber* (Campbell y Lamar, 2004).

6.3.2 Descripción de *Crotalus mitchellii* (Cope, 1961)

Se distribuye en el suroeste de los Estados Unidos de América, abarcando el centro y sur de California, oeste de Arizona, suroeste de Nevada y el extremo suroeste de Utah, mientras que en México su distribución abarca la mayoría de la península de Baja California incluyendo las islas (Golfo de California y del Pacífico): El Muerto, Ángel de la Guarda, Partida del Sur, Cerralvo y Santa Margarita y en la punta norte del estado de Sonora (Campbell y Lamar, 2004; Heimes 2016) (Figura 5).

Los hábitats en los que se distribuye *C. mitchellii* son variables, desde los desérticos a los bosques tropicales caducifolios y en los bosques de pino-encino de la península de Baja California. *Crotalus mitchellii* predomina en lugares escabrosos con muchas rocas, aunque se le puede encontrar en chaparrales o en lugares planos con muchos arbustos (Campbell y Lamar, 2004; Heimes, 2016; Starret, 1999). Su talla es de 110 cm (Grismer, 2002).

La dieta de *C. mitchellii* está principalmente constituida por pequeños mamíferos (alrededor de un 65%), teniendo preferencia por los roedores. Ocasionalmente se alimenta de aves y lagartijas (Glaudas y Rodríguez-Robles, 2011; Heimes, 2016).

El apareamiento ocurre a finales de abril y termina a principios de junio. Los neonatos nacen en verano, entre los meses de junio y septiembre, en el sureste del estado de California, oeste de Arizona y en el área sur de Nevada, Estados Unidos (Lowe *et al.*, 1986; Armstrong y Murphy, 1979; Gludas y Rodriguez-Robles, 2011).

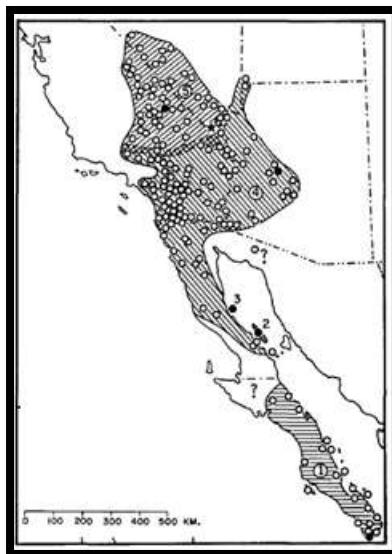


Figura 5. Distribución de *C. mitchellii* (McCrystal *et al.*, 1986).

6.3.3 Descripción de *Crotalus enyo* (Cope, 1961)

Esta serpiente se encuentra distribuida en el oeste de México, es endémica de la península de Baja California. Se distribuye desde el norte en el río San Telmo, Baja California, hasta Cabo San Lucas en Baja California Sur, por toda la costa del Pacífico (Campbell y Lamar, 2004) (Figura 6). Regularmente se encuentra en zonas de desierto, aunque también se puede encontrar en chaparrales en la costa del noroeste de su distribución, extendiéndose hasta el bosque caducifolio en el extremo meridional de la península. Se puede encontrar en zonas rocosas con matorrales e incluso en zonas perturbadas por el hombre (Grismer, 2002; Campbell y Lamar, 2004). Su talla alcanza los 82 cm (Grismer, 2002).

Se alimenta de pequeños mamíferos, lagartijas y ciempiés, aunque se ha observado una tendencia a que los individuos más pequeños se alimenten de lagartijas, mientras que los más grandes prefieren a pequeños mamíferos (Taylor, 2001).

El apareamiento ocurre en la primavera y los nacimientos en verano o principios de otoño, en el norte de la península de Baja California, México (Tryon, 1977; Armstrong y Murphy 1979; Taylor, 1999; Grismer, 2002).

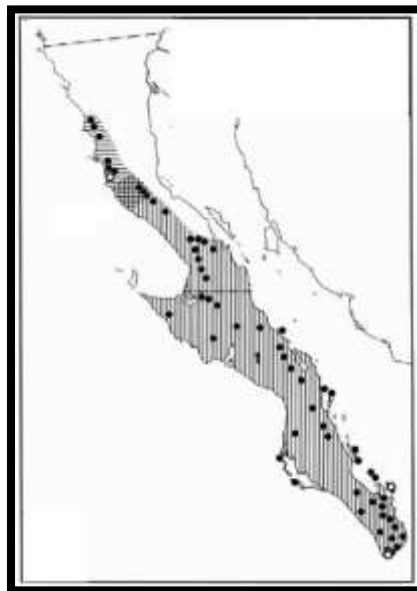


Figura 6. Distribución de *Crotalus enyo* (Beaman y Grismer, 1994).

6.4 Patrones de desplazamiento

Con el fin de hacer la estimación de las distancias recorridas por los individuos estas fueron divididas en: desplazamiento y movimiento. Fue considerado como desplazamiento, a la distancia medida por flexómetro en línea recta entre el punto inicial (1) y el punto final (2), correspondiente a una noche; movimiento se consideró a la distancia total recorrida por la serpiente durante la noche (Figura 7).

Para medir la distancia del desplazamiento del punto 1 al punto 2, se utilizó un flexómetro para cortas distancias (menores de cinco metros), y una cinta métrica de 50 m para distancias mayores a los 5 m. Para medir el movimiento, se tomaron las longitudes a partir de la estaca donde fue atado el hilo, siguiendo su trayectoria entre la vegetación o espacios sin cobertura vegetal. Cada día, si la serpiente se había desplazado, se llevaba a cabo la medición y el hilo del desplazamiento de la noche era retirado, posteriormente se colocaba la estaca cercana a la serpiente y ahí se volvía a atar el hilo.

Al final con los datos obtenidos de las mediciones se llevaron a cabo los cálculos de las medias correspondientes a las distancias en línea recta, línea curva, línea curva en suelo desnudo de las serpientes estudiadas que presentaron actividad durante el muestreo.

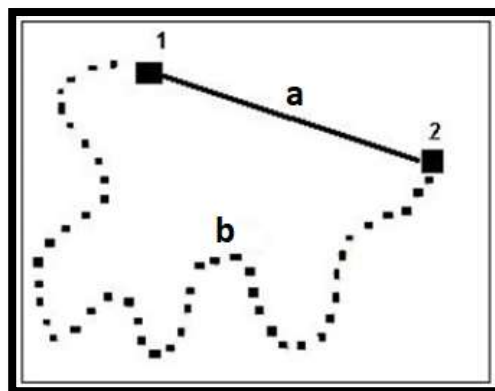


Figura 7. Desplazamiento (a) desde un punto inicial (1) a un punto final (2) y movimiento (b), de serpientes a las que se fijó un carrete de hilo (Tozetti y Martins, 2007).

6.5 Estimación de la sinuosidad

El análisis de la sinuosidad permite una mejor descripción de los desplazamientos de las serpientes. La sinuosidad es el resultado de la división de la distancia en línea recta recorrida por la serpiente (desplazamiento) entre la línea curva total recorrida por el individuo (movimiento), $\text{Sinuosidad} = \text{desplazamiento} / \text{movimiento}$. Un valor cercano a 0 indica un desplazamiento muy sinuoso es decir con mayor tendencia curva mientras que un valor cercano al 1, indica que el desplazamiento tuvo una mayor tendencia a ser de naturaleza recta (Saumure *et al.*, 2010).

6.6 Evaluación de áreas de actividad de serpientes

Para la determinación de las áreas de actividad de las serpientes, se utilizaron los puntos georreferenciados en los que se encontró cada individuo en las revisiones por la mañana, cuando estaban inactivas. Cada punto georreferenciado fue vaciado a un mapa del área (Google Earth Pro, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image Landsat/Copernicus de 12/13/2015) y se estableció un polígono con los puntos más alejados, dando como resultado la superficie en m^2 (Greenberg, 2002).

6.7 Evaluación del hábitat

6.7.1 Microhábitat de los refugios

Se caracterizó el sitio donde cada individuo era encontrado inactivo cada mañana. Para ello se registró si se encontraba bajo la cobertura vegetal, bajo materia orgánica (vegetación muerta), roca o en alguna oquedad de alguna planta o en algún hoyo en el suelo.

La cobertura vegetal y las especies de plantas presentes fueron estimadas, considerando la altura y dos diámetros.

Asimismo, se registraron las condiciones de temperatura y humedad del refugio con un higrotermómetro digital (Skymate plus, Speddtech Instruments SM-19).

Se empleó un termómetro infrarrojo laser marca Thermotech (rango de -50°C a 550°C) para tomar: las temperaturas del sustrato a un lado de la serpiente, la de la serpiente, y del suelo fuera de la cobertura vegetal donde se encontraba la serpiente.

Al concluir los 20 días de muestreo, se cuantificó el porcentaje de cobertura vegetal, en hábitat alrededor del último de los refugios usados por la serpiente, para esto se siguió el método descrito en (Naoki *et al.*, 2014). Desde el refugio, se trazaron dos líneas de 50 m de forma perpendicular entre estas, formando un ángulo de 90° . En cada una de estas líneas se calculó la longitud con y sin cobertura vegetal con el fin de obtener los porcentajes de estas dos medidas.

6.8 Análisis de datos

6.8.1 Desplazamientos

Se calcularon las medias y desviación típica del desplazamiento total en línea recta, en línea curva y desplazamiento por día de cada ejemplar seguido.

6.8.2 Uso del hábitat

Del total de los metros de cada desplazamiento en línea curva se calculó el porcentaje que correspondía a suelo desnudo o bajo algún tipo de vegetación.

En cada refugio se contabilizaron los tipos de hábitat y se sacaron porcentajes de las especies vegetales más empleadas como refugios por las serpientes.

Asimismo se calcularon los porcentajes de suelo desnudo y con vegetación disponibles en el hábitat, alrededor del último refugio y se compararon con lo obtenido en los desplazamientos.

7. RESULTADOS

7.1 Comparación descriptiva entre técnicas

La comparación entre las técnicas de carrete de hilo y telemetría, arrojó los siguientes resultados siguiendo tres aspectos: 1) elementos generales concernientes a la técnica (Tabla 2); 2) parámetros de desplazamiento (Tabla 3) y 3) parámetros caracterización de micro hábitat (Tabla 4)

Tabla 2. Comparación de elementos generales entre técnicas

	Técnica	
	Carrete de hilo	Telemetría
Invasividad	Poco invasivo (por el uso de material adherente) (Arnaud <i>et al.</i> , 2008; Murillo, 2009)	Altamente invasivo, por implantación quirúrgica intraperitoneal y para retirar del animal el transmisor al término del estudio, así como para poder recargar la batería del transmisor (Fitzgerald <i>et al.</i> , 2002)
Sitio de colocación en el individuo	Externo	Interno (intraperitoneal)
Talla del individuo en que puede ser implementada	Individuos en los cuales el peso del carrete y cinta adhesiva (12 gr) no exceda el 5 % del peso corporal del individuo (Tozetti y Martins, 2007)	Aquellos en los que pueda efectuarse el procedimiento quirúrgico y en el que la talla del radio-transmisor lo permita (Madrid y Balderas, 2008)

Afectaciones al individuo	Dependiendo de factores externos del terreno como vegetación, orografía u otro objeto donde el carrete pueda enredarse	Riesgos de mortalidad al aplicar anestesia para la colocación intraperitoneal del transmisor (Beck, 1995)
Inicio de toma de datos después de la implantación	Inmediatamente después de haber colocado el carrete	Al día siguiente de la cirugía (Hardy y Greene, 1999; Rodríguez-Robles. 2003)
Precisión para encontrar al individuo	Exacta. Solo se requiere seguir la trayectoria del hilo	Variable, se encuentra influida por distintos factores, como la habilidad del observador, la configuración del paisaje, el movimiento del animal, el estado del transmisor (Madrid y Balderas, 2008)
Tipo de seguimiento del individuo	Visual	Se ubica percibiendo señales a través de un receptor y una antena (Hidalgo-Mihart y Olivera-Gómez, 2011)
Tiempo de seguimiento de ejemplares	Indeterminado. Sujeto a la disponibilidad de carretes	Indeterminado. Sujeto a la duración de la batería del radiotransmisor. Puede ser recargada (Madrid y Balderas 2008)
Costos	\$1,000 pesos (precio por caja de 1.10 kg de peso conteniendo 250 carretes) (Fibras y Filamentos SA de CV, Querétaro, Qro.), varillas y estacas material reciclado \$0 pesos	Variable de entre \$6,000 a \$18,000 pesos (TELENAX)

Tabla 3. Comparación de parámetros de desplazamiento

Parámetros de desplazamiento		
Parámetro	Descripción del parámetro	
	Carrete de hilo	Telemetría
Distancia recorrida en línea recta de un punto A (inicio) a uno B (final) desplazamiento	Se estima con un flexómetro o empleando el GPS mediante coordenadas	Se estima uniendo los puntos inicial y final donde el ejemplar es encontrado usando GPS o flexómetro (dependiendo de la distancia) (Greenberg, 2002)
Distancia recorrida en línea curva movimiento	Se mide con un flexómetro la distancia total recorrida siguiendo toda la línea de hilo, desde la estaca donde se amarró el hilo, hasta donde se encuentre la serpiente	No es posible saber cómo es que se desplazó la serpiente de un punto A, a un punto B. Sólo se registra el sitio donde es encontrada la serpiente durante el muestreo
Sinuosidad	Se calcula del total de la línea recta entre el total de línea curva diario (Saumure <i>et al.</i> , 2010)	No es posible estimar
Distancia recorrida en línea recta entre refugios	Se mide por segmentos del hilo mediante el uso del flexómetro	Se mide usando el GPS del software o bien flexómetro dependiendo la distancia entre los puntos (Greenberg, 2002)
Área de desplazamiento parcial	Se mide con los puntos dados por las coordenadas del GPS	Idem, (Greenberg, 2002)
Área de desplazamiento total	Se mide con los puntos dados por las coordenadas del GPS	Idem, (Greenberg, 2002)

Tabla 4. Comparación de parámetros de caracterización de micro hábitat

Parámetros caracterización de micro hábitat		
Parámetro	Descripción del parámetro	
	Carrete de hilo	Telemetría
Número de refugios	Encontrados tras el seguimiento del rastro de hilo	Encontrados mediante la señal del radiotransmisor detectada en el software del servicio contratado
Tipo de suelo	Visual, apoyo cartográfico	Visual, con apoyo de la cartografía
Temperatura del suelo desnudo	Uso de termómetro laser	Uso del termómetro laser complementándose con información de estaciones meteorológicas
Temperatura del suelo con cobertura vegetal	Uso de termómetro laser	Uso del termómetro laser pudiéndose complementar con información de estación meteorológica
Tipo de cobertura vegetal	Descripción visual, con apoyo en la literatura	Descripción visual con apoyo cartográfico y literario
Humedad del refugio	Uso de hidrotermómetro	Uso de hidrotermómetro

7.2 Número de individuos seguidos y características morfológicas

Para la búsqueda de serpientes participaron de tres a cuatro personas con un tiempo de 8-12 horas totales por noche. Tanto en el Comitán como el Mogote, independientemente de la especie que se tratase.

Se trabajó con un total de 11 serpientes de dos localidades: El Comitán y El Mogote. De estas, cinco *C. ruber* (cuatro machos y una hembra) fueron encontradas en la temporada de lluvias de verano en el Mogote. En el Comitán se trabajó dos ejemplares en la temporada seca (un macho y una hembra *C. ruber*); adicionalmente se siguieron cuatro individuos en la temporada de lluvias de invierno para efectos comparativos (dos machos *C. ruber*, una hembra *C. mitchellii* y una hembra *C. enyo*) y (Tabla 5), ya que la búsqueda de enero 2020 y febrero 2020 no rindió resultados.

Tabla 5. Número de serpientes seguidas por temporada. En la temporada de lluvias de invierno las hembras (2) corresponden a las especies *C. mitchellii* y *C. enyo* (una de cada una), de estas se siguieron 8 que presentaron actividad (las inactivas fueron 1 *C. mitchellii* hembra y 2 *C. ruber*)

	lluvia de verano	lluvia de invierno	Temporada seca
Machos	4	2	1
Hembras	1	2	1
Total	5	4	2

7.2.1 Tallas y sexos

7.2.1.1 Lluvias de invierno (enero 2020 y febrero 2021)

Se siguieron dos individuos machos *C. ruber* durante el mes de enero 2020 y un par de ejemplares hembras de las especies *C. mitchellii* y *C. enyo*. Las medidas, localidad de seguimiento y el número de días se detallan en la Tabla 6. Cabe señalar que ninguno de estos individuos se siguió inmediatamente después de su captura.

Tabla 6. Lluvias de invierno, enero 2020 (2 *C. ruber*) y febrero 2021 (1 *C. mitchellii* y 1 *C. enyo*)

ID serpiente	Especie	Sexo	LHC (mm)	LT (mm)	LC (mm)	Peso (g)	Localidad	Número de días de seguimiento
Cr04, 02, 2018	<i>C. ruber</i>	M	-	-	-	-	Comitán	3
Cr, 05, 01, 2018	<i>C. ruber</i>	M	1000	-	-	746	Comitán	9
Cm, 11, 15, 2020	<i>C. mitchellii</i>	H	563	605	42	164	Comitán	20
Ce, 11, 24, 2020	<i>C. enyo</i>	H	579	622	43	265	Comitán	20

7.2.1.2 Lluvias de verano (Septiembre-Octubre 2020)

Fueron seguidas cuatro *C. ruber* macho y una *C. ruber* hembra. Las medidas, localidad y el número de días de seguimiento se detallan en la tabla 7. Contrario al muestreo de lluvias de invierno, todos estos individuos se siguieron después de su captura.

Tabla 7. Tallas y pesos de *C. ruber* en la Temporada de lluvias de verano (septiembre-octubre 2020)

ID serpiente	Especie	Sexo	LHC (mm)	LT (mm)	LC (mm)	Peso (g)	Localidad	Número de días de seguimiento
Cr, 09, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	890	1570	680	747	Mogote	8
Cr, 09, 06, 2020	<i>C. ruber</i>	M	1320	2090	770	1100	Mogote	2
Cr, 10, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	906	974	68	245	Mogote	20
Cr, 10, 02, 2020	<i>C. ruber</i>	M	780	842	62	-	Mogote	20
Cr, 10, 03, 2020	<i>C. ruber</i>	H	823	863	40	275	Mogote	3

7.2.1.3 Temporada seca (mayo 2021)

Se dio seguimiento a una *C. ruber* macho y una *C. ruber* hembra. Las medidas, localidad y número de días de seguimiento se detallan en la Tabla 8. Individuos seguidos inmediatamente después de ser capturados.

Tabla 8. Tallas y pesos de *C. ruber* temporada seca (mayo 2021)

ID Serpiente	Especie	Sexo	LHC (mm)	LT (mm)	LC (mm)	Peso (g)	Localidad	Número de días de seguimiento
Cr carretera 1	<i>C. ruber</i>	M	771	839	68	327	Comitán	5
Cr carretera 2	<i>C. ruber</i>	H	755	810	55	335	Comitán	3

Entre las áreas no existieron grandes diferencias entre las tallas y los pesos encontrados.

Los machos de *C. ruber* fueron los ejemplares que se encontraron con mayor frecuencia (6 ejemplares). Su longitud Hocico-Cloaca promedio fue de 885.5 ± 161.9 mm en el Comitán (n=2) y 974 ± 237.4 mm en El Mogote (n=4). El peso fue muy variable, oscilando entre 245 y 1100 g teniendo un promedio de 709.5 ± 351.7 g (n=6).

Las hembras de *C. ruber* (n=2) tuvieron una LHC promedio de 789 ± 48.1 mm y un peso promedio de 305 ± 42.4 g.

La serpiente más pequeña fue *C. mitchellii* hembra con una LHC de 563 mm y un peso de 164 g en el área del Comitán.

7.3 Desplazamiento

A continuación, se hace un desglose de los resultados por temporada.

7.3.1 Lluvias de invierno desplazamientos totales

En la Tabla 9 se resumen las principales características de los seguimientos de las serpientes durante la temporada de lluvias de invierno.

Tabla 9. Características de seguimiento en la temporada de lluvias de invierno. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), %RSD (% Recorrido en suelo desnudo).

ID serpiente	Especie	S	Meses	N D S	DTLR (m)	DTLC (m)	% RSD	% Suelo desnudo hábitat
Cr04, 2018	02, <i>C. ruber</i>	M	Enero 2020	3	88.85	109.60	19.56	-
Cr, 2018	05, 01, <i>C. ruber</i>	M	Enero 2020	9	13.55	84.87	22.68	-
Ce, 2020	11, 24, <i>C. enyo</i>	H	Febrero 2021	20	62.37	100.40	25.81	39.64
Cm, 2020	11, 15, <i>C. mitchelli</i>	H	Febrero 2021	20	4.74	7.83	0.00	33.48

De los dos machos de *C. ruber* uno se movió 36.5 m en promedio al día, y otro solamente 9.43 m al día. *Crotalus enyo* se desplazó solo 5 m por día de media, usó el suelo desnudo en un 65 % del disponible en el hábitat, aunque solo un 25 % de la distancia recorrida fue en hábitat abierto; mientras que la *C. mitchellii* lo evitó y prácticamente no presentó actividad. *Crotalus ruber* solo se movió en un 20 % sobre el suelo desnudo pero no se tienen datos sobre la disponibilidad en el hábitat.

Cabe señalar que estas cuatro serpientes pasaron entre 3 y 21 meses en un terrario en el laboratorio de Ecología del Comportamiento en el CIBNOR entre la fecha de su captura y la de su seguimiento en campo. Este hecho condiciona el estado fisiológico de los individuos, además de su conocimiento del hábitat donde se les siguió, por lo que los datos de sus desplazamientos son solo orientativos y no se consideraron como información que corresponda al comportamiento normal de esta especie en su hábitat. Esta información por lo tanto no se tomará en cuenta en los análisis totales. Solo como comparación con las otras dos temporadas que sí reflejaron datos válidos.

7.3.2 Lluvias de verano desplazamientos totales

En la Tabla 10 se resumen las principales características de los seguimientos de las serpientes durante la temporada de lluvias de verano realizado en septiembre-octubre 2020 en el área del Mogote.

Tabla 10. Características de seguimiento en la temporada de lluvias de verano. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), %RSD (% Recorrido en suelo desnudo).

ID serpiente	Especie	S	Meses	NDS	DTLR (m)	DTLC (m)	% RSD	% Suelo desnudo hábitat
Cr, 09, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	Septiembre 2020	8	8.06	82.68	3.32	-
Cr, 09, 06, 2020	<i>C. ruber</i>	M	Septiembre 2020	2	43.38	153.01	39.92	-
Cr, 10, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	Octubre 2020	20	55.68	179.85	19.27	51.90
Cr, 10, 02, 2020	<i>C. ruber</i>	M	Octubre 2020	20	65.00	295.39	16.40	45.12
Cr, 10, 03, 2020	<i>C. ruber</i>	H	Octubre 2020	3	29.18	152.70	36.14	46.40

El desplazamiento total en línea recta de los machos de *C. ruber* de esta temporada fue muy variable. Sin embargo los dos que se siguieron durante 20 días rindieron información valiosa y única para la especie. La distancia total recorrida por estos dos machos osciló entre 180 y casi 300 m, el más pequeño se movió un poco más y usó dos refugios más (5 versus 3, Tabla 12). La distancia recorrida por los dos machos de *C. ruber* seguidos durante 20 días, fue de un 82.20% de media bajo vegetación tuvo un rango entre 80.73-80.60%.

Ambos usaron poco el hábitat disponible sin cobertura (36.3 % y 31.12 % de uso del hábitat desnudo disponible, respectivamente).

El macho seguido por ocho días se movió muy poco y casi siempre entre la vegetación y por el contrario el que se siguió solo dos días, recorrió casi la misma distancia que los machos seguidos por 20 días se movió un 40 % sobre suelo desnudo, pero estos dos animales no se tienen cálculos de la disponibilidad de hábitat con o sin cobertura.

La hembra, usó el suelo desnudo en sus desplazamientos en un porcentaje de un 77.88 % del disponible. Aunque solo el 36 % de su desplazamiento fue en áreas sin cobertura. Es decir que el 63.90 % fue bajo vegetación, esto es 20% menos que los machos, pero hay que tomarlo con cautela porque solo se siguió tres días.

7.3.3 Temporada seca desplazamientos totales

En la Tabla 11 se resumen las principales características de los seguimientos de las serpientes durante la temporada seca realizado en mayo 2021 en el área del Comitán.

Tabla 11. Características de seguimiento en la temporada seca. S (sexo), NDS (Número de días de seguimiento), DTLR (Distancia total en línea recta), DTLC (Distancia total en línea curva), % RSD (% Recorrido en suelo desnudo).

ID	Especie	S	Meses	NDS	DTLR (m)	DTLC (m)	% RSD	% Suelo desnudo hábitat
Cr serpiente a 1	<i>C. ruber</i>	M	Mayo 2021	5	39.17	139.57	24.33	-
Cr carretera a 2	<i>C. ruber</i>	H	Mayo 2021	3	51.05	136.67	37.63	-

Los desplazamientos totales en línea curva de estas dos serpientes son similares a los de los individuos seguidos durante la temporada de lluvias de verano.

El porcentaje de longitud recorrida bajo dosel vegetal del macho estuvo en un 75.67 % de sus recorridos (un poco mejor que en la temporada de lluvias). El recorrido de la hembra fue similar a la seguida durante la estación de lluvias de verano con un 62.37 % de la longitud recorrida bajo cobertura. No se tienen datos de la disponibilidad de hábitat con o sin cobertura vegetal para este lugar y temporada. Pero estos individuos se siguieron muy pocos días (tiempos menores a los 20 días planeados), por lo que los resultados no son definitivos.

7.3.4 Desplazamiento total por día y grado de sinuosidad

El desplazamiento total por día y la sinuosidad se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12. Descriptivos del desplazamiento total por día y sinuosidad durante la temporada de lluvias de verano y temporada seca. E (especie), S (sexo), T (temporada), LV (Lluvias de verano), NDS (Número de días de seguimiento), DT/D (Desplazamiento total por día), NRU (Número de refugios usados)

ID	E	S	T	Localidad	NDS	DT/D (m/día)	Sinuosidad	NRU	Días por refugio
Cr, 09, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	LV	Mogote	8	10.33	0.0974	2	5, 2
Cr, 09, 06, 2020	<i>C. ruber</i>	M	LV	Mogote	2	76.50	0.2835	2	1, 1
Cr, 10, 01, 2020	<i>C. ruber</i>	M	LV	Mogote	20	8.56	0.3095	3	6, 2, 11
Cr, 10, 02, 2020	<i>C. ruber</i>	M	LV	Mogote	20	14.06	0.2200	5	1,7,2, 10
Cr, 10, 03, 2020	<i>C. ruber</i>	H	LV	Mogote	3	50.90	0.1910	3	1, 1
Cr carretera 1	<i>C. ruber</i>	M	Seca	Comitán	5	27.91	0.2806	3	1, 2, 1
Cr carretera 2	<i>C. ruber</i>	H	Seca	Comitán	3	45.55	0.3735	2	1, 1

El desplazamiento por día en los machos de la especie *C. ruber* nunca sobrepasó los 80 m, pero fue extremadamente variable con una media menor a la desviación estándar (27.42 ± 32.80). El rango varió entre 8.56 m por día, correspondiente a un macho seguido durante 20 días que se

movi6 entre tres refugios, teniendo la sinuosidad m1s baja de todas (0.30), y 76.50 m por d1a en una serpiente que solo se sigui6 dos d1as y que se movi6 muy r1pidamente.

En general solo los individuos seguidos pocos d1as (menores a los cinco d1as) se desplazaron m1s de 50 m por d1a.

Los dos machos seguidos 20 d1as se desplazaron de media 11.31 ± 2.75 m/d1a.

Las dos hembras seguidas tres d1as cada una se desplaz6 una media de 48.2 ± 3.8 m por d1a. Siendo est1 mucho m1s alta que los machos.

Por estaciones y h1bitats la distancia recorrida por d1a fue de 32.07 ± 60.6490 en lluvias de verano en El Mogote y 36.73 ± 12.4733 en secas en el Comit1n.

La sinuosidad promedio fue un poco m1s alta en los machos ($0.238 + 0.008$) que en las hembras (0.28 ± 0.13) Pero la sinuosidad media de los dos machos seguidos 20 d1as fue parecida a la de las hembras (0.26 ± 0.04).

Por estaciones y h1bitats fue de 0.22 ± 0.16 en lluvias de verano en El Mogote y de 0.33 ± 0.06 en el Comit1n en temporada seca.

Aunque del total de d1as de seguimiento el 55% de los casos las serpientes cambiaron de refugio despu6 de usarlo una sola noche, otras veces permanecieron en el mismo sitio por m1s tiempo, hasta 11 d1as consecutivos en el mismo lugar. De media las serpientes usaron cada refugio por 3.1 ± 3.3 noches (rango 1-11), (n=18).

7.3.5 Actividad de los individuos

Los dos machos seguidos en El Mogote durante 20 d1as recorrieron 1reas muy diferentes, una casi el doble que la otra. El m1s peque1o fue el que recorri6 mayor 1rea. En los ejemplares seguidos menos d1as las 1reas calculadas fueron mucho m1s peque1as o no se pudieron calcular adecuadamente por tener pocos puntos de referencia (Tabla 13).

Tabla 13. Área de actividad de víboras muestreadas. Orden descendente según el tamaño que presentaron de área de actividad total (m²)

ID serpiente	Sexo	Número de días de seguimiento	Área de muestreo	Área de actividad total (m ²)
Cr, 10, 02, 2020	M	20	Mogote	1470.36
Cr, 10, 01, 2020	M	20	Mogote	698.51
Cr, carretera 1	M	5	Comitán	378.28
Cr, carretera 2	H	3	Comitán	164.31
Cr, 10, 03, 2020	H	3	Mogote	4.36
Cr, 09, 06, 2020	M	2	Mogote	Solo se movió en línea recta
Cr, 09, 01, 2020	M	8	Mogote	Se movió en círculos en torno a su refugio

A continuación, se muestran las áreas de actividad de los dos ejemplares que fueron seguidas por los 20 días de muestreo en la estación de lluvias de verano (figuras 8 y 9).



Figura 8. Área de actividad de la Cr 10, 01, 2020.

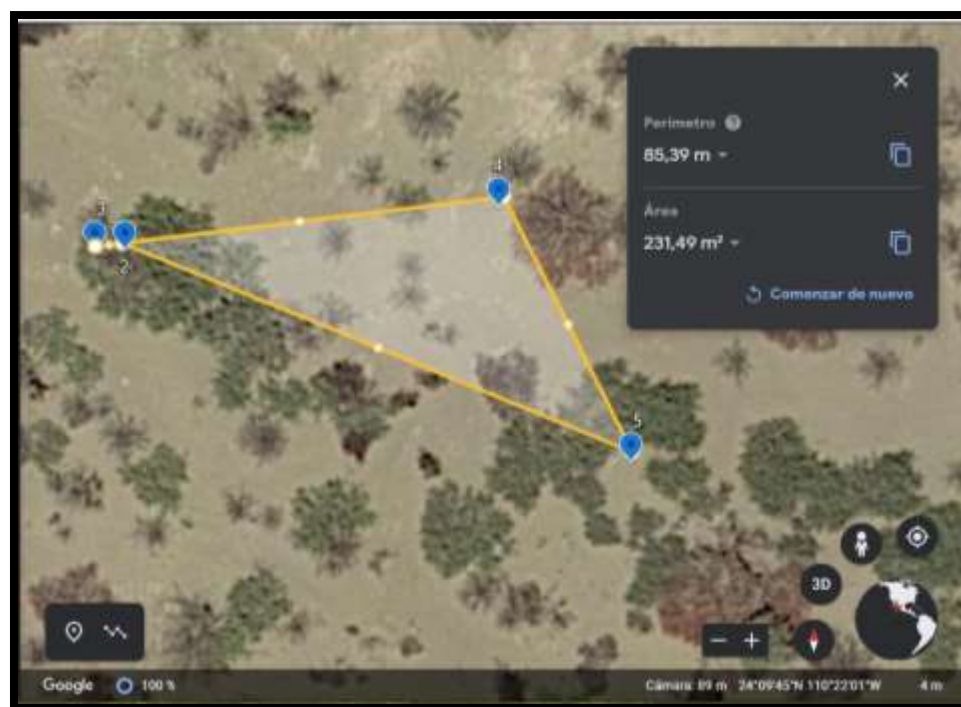


Figura 9. Área de actividad de la Cr 10, 02, 2020.

7.4 Caracterización de micro hábitat

7.4.1 Refugios

Por temporada las serpientes utilizaron un promedio de 2.85 ± 0.1 (rango 2-5, $n= 8$) refugios distintos cada una. La distancia entre refugios fue muy variable pero nunca estuvieron muy alejados, el rango va desde 4 hasta 44 m (Tabla 14).

Tabla 14. Distancia recorrida entre refugios.

Serpientes	Lugar de seguimiento	Distancia recorrida (m)	
		Refugios 1 - 2	Refugios 2 – 3
Cr,09, 06, 2020	Mogote	43.38 m	0.00 m
Cr,09,01, 2020	Mogote	4.03 m	0.00 m
Cr,10,01,2020	Mogote	11.28 m	44.40 m
Cr,10,02,2020	Mogote	23.00 m	6.00 m
Cr,10,03,2020	Mogote	4.38 m	24.80 m
Cr carretera 1	Comitán	33.17 m	6.00 m

7.4.2 Cobertura vegetal de los refugios

Los refugios de las serpientes estuvieron en promedio 80.64% bajo cobertura vegetal y el 19.35 % restante estuvieron en sitios sin cobertura, bajo plantas muertas o en madrigueras.

La pitahaya agria (*Stenocereus gummosus*, cactácea) y la frutilla (*Lycium spp*, tipo arbusto) fueron las especies más seleccionadas por las serpientes como protección o refugios, con un 20% y 16% respectivamente (Tabla 15).

Tabla 15. Tipo de vegetación por refugio usado por las serpientes

Serpiente	Área de estudio	Tipo de vegetación por refugio		
		Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3
Cr, 10, 02, 2020	Mogote	Palo fierro	Pitahaya agria	Pastos
Cr, 10, 01, 2020	Mogote	Pitahaya agria	Palo fierro	Lomboy
Cr, carretera 1	Comitán	Mezquite	Pastos	SCV (madriguera)
Cr, carretera 2	Comitán	Jojoba	Ciruelo	Frutilla
Cr, 10, 03, 2020	Mogote	Frutilla	Pitahaya agria	Cholla
Cr, 09, 06, 2020	Mogote	Mangle dulce	Garambullo	-
Cr, 09, 01, 2020	Mogote	Pitahaya agria	Krameria	SCV (madriguera)

Palo fierro (*Oleña teosota*), pitahaya agria (*Stenocereus gummosus*), mezquite (*Prosopis* spp), jojoba (*Simmondsia chinensis*), ciruelo (*Cyrtocarpa edulis*), frutilla (*Lycium* spp), mangle dulce (*Maytenus phyllantoides*), garambullo (*Lophocereus schottii*), krameria (*Krameria bicolor*), lomboy (*Jatropha* spp), cholla (*Cylindropuntia cholla*), Sin cobertura vegetal (madriguera de roedor o lagartija)

Como detalle adicional los árboles y arbustos ocuparon un 50 % siendo estas las plantas más predominantes junto a los refugios, seguidos por las cactáceas con un 30 % y un 10 % de pastos.

7.4.3 Humedad relativa de los refugios

Los valores de la humedad de los refugios oscilaron del 34 al 76.5 % a lo largo de las temporadas de muestreo. Tres serpientes seguidas en El Mogote durante la temporada posterior a las lluvias de verano usaron refugios con baja HR entre 34-39 % de HR, mientras que las otras cuatro seleccionaron simples refugios con una HR mayor entre 54 y 76 %. Ver Tablas 16 y 17. Esto es debido probablemente a las diferentes horas a las que se tomaron los registros ya que las más tempranas por la mañana el termohigrómetro dio valores más altos (entre 7-9 am) en comparación con las horas más tardías de los últimos refugios en ser revisados (10 am-12 pm).

En la temporada después de lluvias la HR promedio fue de $51.5 \% \pm 27.2$ y en temporada de secas fue de $64.6 \pm 7.2\%$. Pero probablemente este dato esté condicionado por las diferentes horas en las que se midió la HR.

Tabla 16. Humedad relativa media de cada refugio, temporada de lluvias de verano (sep-oct 2020), Mogote. N=3

- Humedad Relativa media de cada refugio (%)					
ID Serpiente	Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3	Media total	Desv. Tip.
Cr, 10, 02, 2020	38.0	39.0	39.0	38.6	0.8246
Cr, 10, 01, 2020	38.0	38.0	37.8	37.9	0.1732
Cr, 10, 03, 2020	65.1	66.0	76.5	69.2	8.9632
Cr, 09, 06, 2020	34	-	-	-	-
Cr, 09, 01, 2020	54.5	64.5	62.0	60.3	7.3600

Tabla 17. Humedad relativa media de cada refugio, temporada seca (mayo 2021), Comitán. N=3

- Humedad Relativa media de cada refugio (%)					
ID Serpiente	Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3	Media total	Desv. Tip.
Cr, carretera 1	65.9	68.2	75.5	69.8	7.0894
Cr, carretera 2	54.5	64.5	-	59.5	7.0710

7.4.4 Temperatura de los refugios

La temperatura de los refugios varió entre 15.41°C a 35.46°C . La temperatura media de los refugios fue diferente en las dos temporadas. Después de las lluvias de verano fue más alta ($23.9^{\circ}\text{C} \pm 11.2$) que en temporada seca ($18.9^{\circ}\text{C} \pm 2.3$). En temporada de lluvias de verano los

refugios mantuvieron una temperatura entre 4 y 13 grados más fresca que el exterior, mientras en la temporada seca la diferencia fue menor a 1 grado. Ver Tablas 18 y 19.

En el caso de las temperaturas de los refugios es muy similar a lo que ocurre con la humedad, están ligadas a los horarios donde se tomaron siendo el caso de las temperaturas más frescas aquellas que se midieron en las primeras horas del muestreo (7-9 am) y las más cálidas correspondientes a los últimos refugios en muestrearse diariamente (10 am- 12 pm).

Tabla 18. Temperatura media de cada refugio, temporada de lluvias de verano (sep-oct 2020), Mogote, N=3

Temperatura media de cada refugio					
(°C)					
Serpiente	Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3	Media total+DT	Temperatura exterior+DT
Cr, 10, 02, 2020	21.73	20.60	17.13	19.82±3.3900	33.65±8.9849
Cr, 10, 01, 2020	21.60	20.43	23.60	21.87±2.2670	25.32±2.5471
Cr, 10, 03, 2020	35.46	31.60	-	33.53±2.7294	37.28±10.6084
Cr, 09, 06, 2020	31.80	-	-	-	-
Cr, 09, 01, 2020	21.16	19.90	20	20.35±0.9905	36.17±5.6992

Tabla 19. Temperatura media de cada refugio, temporada seca (mayo 2021), Comitán, N=3

Temperatura media de cada refugio					
(°C)					
Serpiente	Refugio 1	Refugio 2	Refugio 3	Media total+DT	Temperatura exterior+DT
Cr, carretera 1	19.26	15.41	16.90	17.19±2.7454	16.09±3.2909
Cr, carretera 2	21.16	19.90	-	20.53±0.8909	20.70±2.2627

8. DISCUSIÓN

8.1 Comparación de las técnicas

Para efectuar estudios en los que se requiere localizar animales en repetidas ocasiones, la telemetría es la técnica más utilizada (White y Garrott, 1990). Si bien se ha empleado en una diversidad de serpientes probando su eficiencia (Gent y Spellerberg, 1993; Brito, 2003; Shine *et al.*, 2003; Waldron *et al.*, 2006; Mata, 2011), puede perjudicar a los individuos que se les implanta el radiotransmisor, ya que se requiere una intervención quirúrgica para depositarlo en el área intraperitoneal, pudiendo afectar el proceso reproductivo en hembras (Graves y Duval, 1993) e incluso comprometer su sobrevivencia (Rudolph *et al.*, 1998). La afectación que provoca el radiotransmisor, así como la cirugía en sí en el comportamiento de las serpientes, aún no ha sido evaluada y se desconoce si esto les provoca incomodidad, dolor o sufrimiento. Se ignora si este procedimiento impide la libre expresión de algún aspecto de su comportamiento natural, afectando su bienestar. Al respecto, la definición de bienestar animal hace referencia “al estado de salud física y mental de un animal en armonía con su ambiente, que le permite de una manera natural la expresión de sus comportamientos y actividades fisiológicas (Mc Millan, 2002). En este contexto, la presencia de estrés que puede surgir en una serpiente a la que se le ha colocado un radiotransmisor a través de una cirugía, puede reducir su desempeño físico, lo cual es considerado como un indicador de un estado pobre de bienestar animal (Broom, 2011).

Lo anterior adquiere relevancia al considerar futuros estudios con serpientes de cascabel micro-endémicas, de las cuales México presenta una alta representatividad (Campbell y Lamar, 2004), siendo considerado el centro de dispersión evolutivo de este grupo (Gloyd, 1940; Klauber, 1956; Place y Abramson, 2004). Los estudios sobre desplazamiento y uso de hábitat que se aborden con estas especies, deberán considerar aspectos que garanticen su buen manejo y conservación. En este sentido la técnica de carrete de hilo es una buena alternativa para su uso.

Si bien en ambos casos existe una manipulación de los ejemplares que puede suponer estrés en los individuos, es menor cuando se utiliza la técnica del carrete de hilo, ya que la colocación del carrete, una vez que el animal ha sido contenido, tarda aproximadamente 10 minutos, posterior

al cual la serpiente es liberada y se puede dar inicio de inmediato a la observación del comportamiento del ejemplar y al registro de datos. Por otra parte, para la toma de datos de animales a los que se les colocó un radiotransmisor, se sugiere esperar al menos un día (Hardy y Greene, 1999; Rodríguez-Robles. 2003), lo que podría complicar la logística y costos en estudios llevados a cabo en lugares remotos como las islas del Golfo de California. Esta técnica se ha utilizado en serpientes de ambientes tropicales semi-húmedos (Tozetti y Toledo, 2005), con poca utilización en serpientes de ambientes desérticos (Arnaud *et al.*, 2008; Murillo, 2009; Hernández, 2010).

En el presente estudio se contempló originalmente abordar los desplazamientos de las tres especies de cascabel simpátricas de la región meridional de la península de Baja California, con el fin de hacer un análisis comparativo de sus desplazamientos y validar el uso de la técnica del carrete de hilo en especies con diferente talla, sin embargo en las búsquedas de serpientes predominaron las de *C. ruber* (nueve individuos), contra uno de *C. mitchellii* y uno de *C. enyo*. A pesar de lo anterior pudo ser evaluada la técnica, aunque sin poder hacer el análisis comparativo entre especies.

Para fijar el carrete de hilo en serpientes de cascabel, las escamas quilladas que éstas presentan contribuyen a que exista mejor fijación de la cinta adhesiva al cuerpo de las serpientes, aunque también se ha utilizado con éxito en culebras (familia Colubridae) que no presentan escamas quilladas (Waddell *et al.*, 2016). Es posible que la adhesión de los carretes en los cuerpos de las culebras sea debido a las características de la cinta adhesiva utilizada, para contrarrestar la humedad presente en el ecosistema tropical sub-húmedo donde ha sido utilizado (Tozetti y Toledo, 2005; Waddell *et al.*, 2016).

Probablemente los carretes de hilo incrementen el riesgo por depredación (Blomquist y Hunter 2007), al hacer a las serpientes más visibles para sus depredadores. Durante el presente estudio se presentaron tres muertes de animales a los que se les había colocado el carrete de hilo, éstas fueron atribuidas a la depredación por carnívoros (presuntamente gato montés *Felis rufus*, de acuerdo con la distancia entre las marcas de colmillos que se apreciaron en el cuerpo de las

serpientes depredadas). Esta situación también fue reportada en un caso de depredación en el estudio realizado con herpetofauna en una zona tropical, pero por haber sido un caso único durante dicho estudio, se consideró como un caso de depredación fortuita y no necesariamente atribuible a la presencia del carrete de hilo fijado en el animal (Waddell *et al.*, 2016).

En cuanto al análisis de los desplazamientos, la telemetría ofrece resultados puntuales, es decir, del sitio en el cual se encuentra la serpiente en el momento de la ubicación, en cambio la técnica del carrete de hilo permite el registro de los movimientos curvos diarios y totales, así como la determinación de la sinuosidad que describe a mayor detalle la tendencia que presentaron las serpientes en su desplazamiento, datos que no pueden ser obtenidos por telemetría (Saumure *et al.*, 2010).

La ventaja quizá más importante que tiene el uso del carrete de hilo, además de ser una técnica poco invasiva, es la información que puede proporcionar en relación al uso del hábitat, ya que el hilo que queda en el suelo, como un rastro del desplazamiento de la serpiente, permite conocer de una manera detallada cómo utiliza el ambiente a través de los desplazamientos en la ruta descrita por el animal, siendo posible identificar qué porcentaje de sus desplazamientos son bajo cobertura vegetal o sin cobertura vegetal y además conocer la distancia precisa entre dos puntos (Viera y Loretto, 2005; Tozetti y Martins, 2007). En este sentido, los restos de las tres serpientes depredadas en este estudio, se encontraron en áreas sin cobertura vegetal, cuando la mayor cantidad de desplazamientos ocurrieron bajo la cobertura vegetal, que les proporciona protección contra los depredadores.

Entre las desventajas que existen con la técnica, es que el hilo dejado como rastro pueda romperse debido a que sea arrastrado por algún otro animal, con lo cual la serpiente se perderá y no podrá ser localizada posteriormente. El que se desprege la cinta adhesiva y se pierda el carrete es otro riesgo que existe, sobre todo en épocas en las que existe un mayor porcentaje de humedad ambiental por las noches. Así mismo, si la serpiente muda de piel, se perderá el carrete.

El tiempo que puede seguirse el desplazamiento de una serpiente utilizando la telemetría, depende de la duración de la batería del radio-transmisor (Hidalgo-Mihart y Olivera-Gómez, 2011), en cambio para los carretes de hilo depende del número con los que se cuente.

8.2 Desplazamientos

Consideraciones relativas a los desplazamientos:

- 1) No fue posible seguir a todas las serpientes durante los 20 días como fue propuesto.
- 2) Los individuos para la temporada de lluvias de invierno estuvieron meses en el laboratorio debido a la dificultad de encontrar ejemplares silvestres en el campo, por lo que el comportamiento observado no pudo ser tomado como punto de comparación con respecto a los organismos que fueron encontrados y seguidos al día siguiente, dentro de las áreas de El Comitán y El Mogote.

La distancia total recorrida por las serpientes, nunca fue mayor a 70 m en línea recta o a 300 m siguiendo las líneas curvas, en ninguna estación, en ningún hábitat, ni en las que se siguieron por espacio de 20 días. La diferencia entre la distancia total que recorrieron los cinco machos (171 m de media) no es mucho mayor que la que recorrieron las dos hembras (144.5 m de media).

Los dos machos seguidos 20 días se movieron de media un total de 166.5 m. Este comportamiento coincide con el registrado de un par de machos en el estudio de Murillo (2009) en la misma locación de El Mogote donde uno de estos en una sola noche avanzó 136 m y el otro 152 m en cuatro días de monitoreo.

El área recorrida, aún en los individuos seguidos durante 20 días, fue pequeña, conformando como máximo un polígono de 1470 m².

Asimismo los desplazamientos (en línea curva) medios por día de seguimiento, aunque fueron muy variables, nunca superaron los 77 m por día. Los dos machos seguidos durante 20 días se movieron solamente 11.3 m por día. Las dos hembras seguidas durante tres días se movieron

unos 48.2 m por día. Esta diferencia puede deberse al número de días de seguimiento de cada ejemplar

En promedio tanto la temporada de lluvias de verano como la seca presentaron desplazamientos similares por día con 32.07 m/día y 36.73 m/día respectivamente. La mayor distancia por día registrada fue la de un macho de *C. ruber* en lluvias de verano con 76.50 m/día; este desplazamiento supera el máximo medido en el trabajo de Murillo (2009) también de un macho con 52.30 m/día en el mes de agosto en el área del Mogote.

Las serpientes permanecieron una media de 2.9 días por refugio, y usaron pocos refugios durante el tiempo que se siguieron (entre uno y cinco). Los dos machos seguidos por 20 días, usaron tres y cinco refugios. Estos refugios nunca estuvieron muy separados entre sí, siendo la máxima distancia encontrada entre ellos de 44 m.

El patrón de movimientos que emerge de estos datos, es que se trata de una especie bastante sedentaria, con un área de movimiento reducida alrededor de los sitios de descanso, que usa regularmente, por varios días seguidos. No se encontraron diferencias entre sexos, hábitats, o estaciones del año. El resultado es similar a los estudios donde se menciona que el rango de hogar puede ser menor para poblaciones no migratorias, siendo esto diferente para grupos de *C. ruber* ubicados en regiones con climas más templados donde no existe una fuerte fidelidad al sitio (p. ej. Greenberg 2002; Dugan *et al.*, 2008).

8.3 Uso de la vegetación

Las serpientes se movieron casi siempre entre la vegetación, en un porcentaje muy alto, sobre todo los machos seguidos durante 20 días que estuvieron bajo cobertura en un 82 % de su recorrido, y usaron solamente el 34 % del hábitat desnudo disponible en el área. Las dos hembras seguidas durante tres días, usaron menos la vegetación para desplazarse (solo un 64 %), pero de nuevo no se sabe si este dato refleja una diferencia en el comportamiento de los sexos o se debe a las diferencias en el muestreo.

El valor de sinuosidad, mide la relación entre el desplazamiento en línea recta y el recorrido total en línea curva entre dos puntos. En los machos que se siguieron 20 días, este valor fue en promedio de 0.26. En las hembras seguidas tres días fue de 0.28 y en El Mogote después de lluvias fue de 0.22, mientras que en El Comitán en temporada seca fue más alta, 0.33.

La sinuosidad en el desplazamiento de los individuos puede verse influenciada por la estructura del hábitat (Saumure *et al.*, 2010), teniendo este concepto en cuenta se observa que los ejemplares presentaron recorridos con tendencia a la trayectoria curva dentro de los manchones de vegetación por donde generalmente fueron sus recorridos donde estos se abrían paso entre los tallos y raíces, mientras que los recorridos rectos se observaron mayormente en zonas sin cobertura vegetal que comprenden los espacios de separación entre los manchones de vegetación (siendo estas últimas las menos usadas por las serpientes).

8.4 Características de los refugios

Las serpientes son de hábitos nocturnos y usaron como refugio para pasar el día, lugares protegidos de la radiación solar, del calor y de los depredadores (Peterson *et al.*, 1993; Webb *et al.*, 2004; Angilletta, 2009). En el presente estudio el 50 % de los refugios fueron al pie de árboles o arbustos y el 33 % al pie de cactáceas. Las más usadas fueron un arbusto, la frutilla (*Lycium* spp) y una cactácea, la pitahaya agria (*Stenocereus gummosus*), ambas con presencia de espinos, lo que contrasta con lo reportado por Murillo (2009), quien reporta al palo colorado (*Condalia globosa*) y al romerillo (*Xilothamia diffusa*) con un 48% y 22% respectivamente, las cuales no son espinosas. Tanto en el Mogote y el Comitán no hubo diferencias entre esta clase de refugios.

Este comportamiento de selección de refugios de acuerdo a las condiciones del entorno se puede observar también en otras especies de crótalos como es el caso de la *C. catalinensis*, siendo esta encontrada bajo arbustos, rocas o en cactus muertos en la Isla de Santa Catalina (Arnaud, *et al.*, 2018), así como las *C. ruber lucasensis* estudiadas en el área de la “Estación Biológica Dra. Laura Arriaga Cabrera” del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, en

el predio “El Comitán”, B.C.S., que tenían actividad predominantemente nocturna y usaban como refugio un hábitat de matorral sarcocaulé (Pañeda, 2019).

La humedad relativa de los refugios utilizados por las serpientes del estudio estuvo entre 34 y 76 %. Siendo la media en temporada después de lluvias de 51.1 % y en temporada seca de 64.5 %. Sin embargo, esto se debe tomar con cuidado ya que esta medida fue muy influenciada por la hora a la que se tomó en los diferentes refugios siendo los índices más altos los que correspondían a las primeras horas del muestreo diario (7-9 am) y los registros con menor porcentaje de humedad los relacionados a las horas más tardías de muestreo (10 am-12 am).

La temperatura dentro de los refugios varió entre 4 y 13 grados más fresca que el exterior después de las lluvias, y solo 1 grado menor en la temporada seca. En este caso estas diferencias entre temporadas hay que tomarlas con precaución porque los valores más bajos correspondían si se tomaba la temperatura temprano por la mañana y los valores más altos si se tomaban a partir de las 10:00. Coincidiendo con el estudio realizado por Murillo (2009) dentro del área de El Mogote, las temperaturas de los refugios fueron más altas en el muestreo de lluvias de verano y más bajas en temporada seca dentro del Comitán.

En las zonas áridas, donde las temperaturas son altas durante el día, los animales se resguardan de ellas en refugios para evitar el sobrecalentamiento y la eventual muerte, por lo que limitan su actividad preferentemente a los horarios nocturnos (Moore, 1978; Webb *et al.*, 2004), como es el caso de las *Crotalus* abordadas en el presente estudio.

9. CONCLUSIONES

- La telemetría es una técnica eficiente para ser utilizada en serpientes, sin embargo es invasiva y existe el riesgo de afectar al animal al que se le coloca intraperitonealmente el radio-transmisor.
- La técnica del carrete de hilo es una técnica alternativa a la telemetría, para estudiar los patrones de desplazamiento y uso de hábitat en serpientes de cascabel en hábitats de zonas áridas.
- La técnica del carrete de hilo es una técnica poco invasiva y económica.
- A través de la técnica del carrete de hilo se puede obtener una determinación más detallada de parámetros relacionados con los patrones de desplazamiento, que no pueden ser estimados a través del uso de la telemetría, tales como las distancias en línea curva que son estimadas en el índice de sinuosidad.
- El carrete de hilo puede hacer susceptible a la serpiente de ser depredada, ya que la hace más evidente a la vista de los depredadores, sin embargo no se comprobó que las víctimas durante el estudio hayan sido depredadas por el uso del método del carrete de hilo.
- Tanto la temporada de lluvias de verano como la temporada seca presentaron desplazamientos por día muy similares.
- Las serpientes de la especie *C. ruber* presentaron desplazamientos sinuosos relacionados a los manchones de vegetación en los que fueron encontradas.
- Las serpientes se desplazaron mayoritariamente bajo la cobertura vegetal.

- Tal como se muestran en otros estudios, esta especie de serpientes (*C. ruber*) usa mayormente las áreas con cobertura vegetal en contraposición al suelo desnudo, siendo esta una característica de la especie.
- Las serpientes presentaron una alta fidelidad a sus refugios con respecto a las condiciones del hábitat semiárido ya que en otros estudios con climas templados esto puede variar.

9.1 Recomendaciones

- Para identificar los patrones de actividad que pueden cambiar a través del año dependiendo de las condiciones ambientales y reproductivas, se recomienda hacer cuantificaciones de los desplazamientos dos veces al día: por la mañana al amanecer (para detectar los desplazamientos nocturnos, y antes de oscurecer para detectar los desplazamientos diurnos).
- Se requiere hacer posteriores muestreos anuales con mayor número de ejemplares (N=30; ideal) encontrados en campo para obtener datos más significativos en cuanto a la ecología espacial y de comportamiento de las especies simpátricas de la región meridional de La Paz, B.C.S (*C. ruber*, *C. mitchellii*, *C. enyo*).
- Para no hacer tan evidente el carrete de hilo en el dorso de la serpiente y no sea tan susceptible a ser atacada por un depredador, se recomienda utilizar una cinta adhesiva de un color parecido al de la serpiente.

10. LITERATURA CITADA

Angilletta, M. J. 2009. Thermal Adaptation: a theoretical and empirical analysis. Primera edición. Oxford University Press. Indiana. 345p.

Arnaud, G. y M. Martins. 2006. Metodología para estudios de uso de habitat de serpientes de cascabel. Resúmenes IX Reunión Nacional de Herpetología. Monterrey, N.L.

Arnaud, G., M. Martins, L. Burguete-Trujillo, I. Hernández-Rodríguez, H. Avila-Villegas, R. Murillo-Quero y A. Quijada-Mascareñas. 2008. Historia natural de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, endémica de la isla Santa Catalina, Golfo de California. Pp. 93–100. En: Estudios de las Islas del Golfo de California. Flores-Campaña, L.M. (Ed.). Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, México.

Arnaud, G., Sandoval, S., Escobar-Flores, J. G., Gómez-Muñoz, V. M., & Burguete, J. L. 2018. Thermal Ecology of *Crotalus catalinensis* from Santa Catalina Island, Gulf of California. Acta Universitaria, 28 (Online First), 1-8, doi: 10.15174/au.2018.1667.

Ashton K. G. 2003. Movements and mating behavior of adult male Midget Faded Rattlesnake, *Crotalus oreganus concolor*, in Wyoming. Copeia 2003(1): 190-194.

Ashton K. G. y T. M. Patton. 2001. Movement and reproductive biology of female Midget Faded rattlesnakes, *Crotalus viridis concolor*, in Wyoming. Copeia 2001(1): 229-234.

Beck, D. 1995. Ecology and energetics of three sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert. Journal of Herpetology 29:221-223.

Brito, J. 2003. Seasonal variation in movements, home range, and habitat use by male *Vipera latastei* in Northern Portugal. Journal of Herpetology 37:155- 160.

Broom, D. M. 2011. Bienestar animal: conceptos, métodos de estudio e indicadores. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 24(3): 306-321.

Beaupre S. J. 1995. Comparative ecology of the Mottled Rocky Rattlesnake *Crotalus lepidus*, in Big Bend National Park. Herpetologica 51(1):45-56.

Beck D. D. 1995. Ecology and energetics of three sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert. J. Herpetol. 29(2): 211-223.

Boonstra R. y I. T. M. Craine. 1986. Natal nest location and small mammal tracking with a spool and line technique. Can. J. Zoo. 64:1034-1036.

B. M. Graves y D. Duvall. 1993. Reproduction, Rookery Use, and Thermoregulation in Free-Ranging, Pregnant *Crotalus v. viridis*. Journal of Herpetology Vol. 27, No. 1 (Mar., 1993), pp. 33-41

Campbell, J. A. y W. W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles Of The Western Hemisphere. 2 vols. Cornell University Press, Ithaca, New York. xvii pp. +870pp. +56pp.

Cox M., Ch. Dickman y W. Cox. 2000. Use of habitat by the black rat (*Rattus rattus*) at North Head, New South Wales: an observational and experimental study. *Austral Ecology* 25: 375–385.

Da Silva, W.; P. F. de Araujo; R. C. de Franca; I. M. M. de Carvalho y F. G. R. Franca. 2020. Use of the spool-and-line technique for studying microhabitat selection and daily movement of snakes in the Atlantic Forest of Brazil. *Salamandra* 56(4): 405-410.

Dole, J. W. 1965. Summer movements of adult leopard frogs, *Rana pipens* Schreber, In northern Michigan. *Ecology* 46(3): 236-255.

Enciclopedia de Baja California Sur. 2018. H. Ayuntamiento de La Paz. México.

Fitzgerald, M., R. Shine y F. Lemckert. 2002. Spatial ecology of arboreal snakes (*Hoplocephalus stephensii*, Elapidae) in an eastern Australian Forest. *Austral Ecology* 27:537-545.

Forester D. ; J. W. Snodgrass; K. Marsalek y Z. Lanham. 2006. Post-breeding dispersal and summer home range of female American Toads (*Bufo americanus*). *Northeast. Naturalist* 13(I):59-72.

Gent, A. H. y I. F. Spellerberg. 1993. Movement rates of the Smooth Snake *Coronella austriaca* (Colubridae): A radiotelemetric study. *Herpetological Journal* 3:140-146.

Gillis E. y V. Nams. 1998. How red-backed voles find habitat patches. *Can. J. Zool.* 76(5): 791–794.

Gloyd, H. K. 1940. The rattlesnakes, genera *Sistrurus* and *Crotalus*. A study of zoogeography and evolution. *Special Publication of the Chicago Academy of Sciences* 4:1-270.

Greenberg, D. B. 2002. The Ecology of Movement and Site Selection in Desert Rattlesnakes (*Crotalus mitchellii* and *Crotalus ruber*) of the Southwestern United States.

Hardy, D. L. y H. Greene. 1999. Surgery on Rattlesnakes in the Field for Implantation of transmitters. *Sonoran Herpetologist* 12:25- 27.

Hernández-Rodríguez, I. 2010. Desplazamientos de la serpiente de cascabel, *Crotalus catalinesis* (Viperidae) a través de su ciclo anual, en la isla Santa Catalina, Golfo de California, Mexico. Tesis de Profesional de Licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Heyer, W.R. 1994. Thread bobbins. Pp. 153–155. En: Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek, and M.S. Foster (eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.

Hidalgo-Mihart, M. G. y L. D. Olivera-Gómez. 2011. Radio telemetría en vida silvestre. Cap. 8. En: Gallina, S. & C. López-González (editores). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp.

Hobert, J. P., Ch. E. Montgomery y S. P. Mackessy. 2004. Natural history of *Massasauga, Sistrurus catenatus edwardsii*, in Southeastern Colorado. *Southwest. Nat.* 49(3): 321-326.

Klauber, L. M. 1956. *Rattlesnakes: Their Habits, Life Histories, and Influence on Mankind*. 2nd Edition. University of California Press, Berkeley, California, USA.

Loretto D. y M. V Vieira. 2005. The effects of reproductive and climatic seasons on movements in the Black-eared opossum (*Didelphis aurita* Wied-Neuwied, 1826). *Journal of Mammalogy*, 86(2):287–293.

Madrid y Balderas. 2008. Técnicas de colocación de radiotransmisores en serpientes. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* Vol. 16 (1): 5-12

Mata-Silva, Charles R. Bursey y Jerry D. Johnson. 2008. Gut parasites of two syntopic species of whiptail lizards, *Aspidoscelis marmonata* and *Aspidoscelis tessellata* from the Northern Chihuahuan desert. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* Vol. 16 (1); 1-4.

Mc Millan. 2002. Development of a mental wellness program for animals. *J Am Vet Med Assoc.* 220(7):965-972.

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

Murillo, R. 2009. Uso de hábitat de la víbora de cascabel (*Crotalus ruber*), en un matorral xerófilo de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. México.

Naoki, Meneses, Gómez y Landivar. 2014. El uso del método de puntos de intercepción para cuantificar los tipos de vegetación y hábitats abióticos en los bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia* vol. 49 n°3 La Paz, Bolivia.

Olivieira, M. E. y M. Martins. 2001. When and where to find a pitviper: activity patterns and habitat use of the Lancehead, *Bothrops atrox*, in Central Amazonia, Brazil. *Herpetol. Nat. Hist.* 8(2):101-109.

Pañeda, E., 2019. Ecología Térmica de la serpiente de cascabel *Crotalus ruber lucasensis*. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México.

Peterson, C. R. A. R. Gibson, M. E. Dorcas. 1993. Snake thermal ecology: the causes and consequences of body-temperature variation. En Seigel, R. A., J. T. Collins. 1993. Snakes: Ecology & Behavior. (pp. 241-314). United States of America: McGraw Hill.

Place, A. J. y C. I. Abramson. 2004. A quantitative analysis of the ancestral area of rattlesnakes. *Journal of Herpetology* 38(1):151-156.

Reinert H. K. 2001. Habitat selection in snakes. Chapter 6. pp. 201-240. En: Seigel y Collins (eds.). *Snakes Ecology & Behavior*. The Blackburn Press. USA.

Reinert, H. K. y R. T. Zappalorti. 1988. Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the Pine Barrens : their movement patterns and habitat preference. *Copeia* 1988(4):964-978.

Rodríguez-Robles, J. A. 2003. Home ranges of Gopher Snakes (*Pituophis catenifer*, Colubridae) in Central California. *Copeia* 2003:391-396.

Romero, López B. E. 2004. Flora, clasificación y ordenación de la vegetación de la barra arenosa el Mogote, Baja California Sur. 19 pp.

Rudolph, D. C.; S. J. Burgdorf; R. R. Schaefer; R. N. Conner; R. T. Zappalorth. 1998. Snake mortality associated with late season radio-transmitter implantation. *Herpetological Review*. 29(3): 155-156.

Ruiz-Sánchez, E.; G. Arnaud; O. Cruz-Andrés; F. J. Garcia-De León. 2019. Phylogenetic relationships and origin of the rattlesnakes of the Gulf of California islands (Viperidae: Crotalinae: *Crotalus*). *Herpetological Journal* Volume 29 (July 2019), 162-172.

Salinas, C. A.; A. Leyva-Contreras; D. Lluch-Belda y E. Díaz-Rivera. 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera* 3:217-237.

Saumure, R. A.; T. B. Herman y R. D. Titman. 2010. Effects of patch size and habitat structure on the movements of adult male wood turtles, *Glyptemys insulpta*. *Herpetol. Conserv. Biol.* 5(3): 403-413.

Shine, R. Sun, M. Fitzgerald y M. Kearney. 2003. A radiotelemetric study of movements and thermal biology of insular Chinese pit vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae). *Oikos* 100:343-352.

Steinwald, M. C.; B. J. Swanson y P. M. Waser. 2006. Effects of spool-and-line tracking on small desert mammals. *Southwest. Nat.* 51(1):71-78.

Tozzetti, A. M. ; Toledo, L. F. ; Zina, J. 2005. *Leptodactylus labyrinthicus* (Pepper Frog): Defensive Repertoire. The Herpetological Bulletin, vol. 90, p. 29-31.

Tozzetti, A. M. y L. F. Toledo. 2005. Short-term movement and retreat sites of *Leptodactylus labyrinthicus* (Anura : Leptodactylidae) during the breeding season: A spool-and-line tracking study. Journal of Herpetology. 39(4):640-644.

Tozzetti, A. M. y L. F. Toledo. 2005. Short-term movement and retreat sites of *Leptodactylus labyrinthicus* (Anura: Leptodactylidae) during the breeding season: a spool-and-line tracking study. Journal of Herpetology 39:640–644.

Tozzetti, A. y M. Martins. 2007. A technique for external radio-transmitter attachment and the use of thread-bobbins for studying snake movements. South American Journal of Herpetology, 2(3):184-190.

Trace, J. A. 2000. Movement of Red Diamond Rattlesnakes (*Crotalus ruber ruber*) in Heterogeneous Landscapes in coastal Southern California. University of California, San Diego.

Valdujo, P. H.; C. Nogueira y M. Martins. 2002. Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the Brazilian Cerrado. J. Herpetol. 36(2):169-176.

Verderrail A.; León J. y Maya Y. 2010. Estructura de la vegetación en montículos de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Polibotánica, ISSN-e 2395-9525, ISSN 1405-2768, N° 29, págs. 67-90.

Wilson D. S. 1994. Tracking small animals with thread-bobbins. Herpetological Review 25(1):13-14.

Waddell, E.; A. Whitworth y R. Macleod. 2016. A first test of the thread bobbin tracking technique as a method for studying the ecology of herpetofauna in a tropical rainforest. Herpetological Conservation and Biology 11(1):61–71.

Webb, J. K.; R. M. Pringle y R. Shine. 2004. How do nocturnal snakes select diurnal sites? Copeia 4:919-925.

White, G. C. y A. Garrott. 1990. Analysis of wildlife radio tracking data. Academic Press, San Diego, California.