



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S.C.

---

---

Programa de Estudios de Posgrado

**ECOLOGÍA DE LA SERPIENTE DE CASCABEL *Crotalus atrox*  
EN UN ECOSISTEMA INSULAR.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de

**Maestra en Ciencias**

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

P r e s e n t a

**Fernanda Jacqueline Manrriquez Gómez**

La Paz, Baja California Sur, febrero de 2024.

## ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 19:01 horas del día 23 del Mes de enero del 2024, 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:

**"Ecología de la serpiente de cascabel *Crotalus atrox* en un ecosistema insular"**

Presentada por el alumno:

**Fernanda Jacqueline Manriquez Gómez**

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



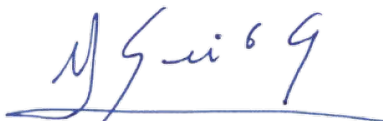
---

Dra. Ana Bertha Gatica Colima  
Co-Tutora de Tesis



---

Dr. Alejandro Carbajal Saucedo  
Co-Tutor de Tesis



---

Dra. Alejandra Nieto Garibay,  
Directora de Estudios de Posgrado y  
Formación de Recursos Humanos.



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

**CIB** Centro de  
Investigaciones  
Biológicas  
del Noroeste

La Paz, Baja California Sur, a 27 de enero de 2024.

Los miembros del comité de tesis del (la) estudiante Fernanda Jacqueline Manriquez Gomez del Programa de Maestría en ciencias en el uso, manejo y preservación 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:  
Excluir citas y bibliografía
- Porcentajes de similitud:  
13%  
Se muestra captura de pantalla

INFORME DE ORIGINALIDAD		
<b>13%</b>		
ÍNDICE DE SIMILITUD		
FUENTES PRIMARIAS		
1	<a href="http://cibnor.repositorioinstitucional.mx">cibnor.repositorioinstitucional.mx</a> <small>Internet</small>	678 palabras — 5%
2	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> <small>Internet</small>	75 palabras — 1%
3	<a href="http://congresorebiza.mx">congresorebiza.mx</a> <small>Internet</small>	68 palabras — < 1%
4	<a href="http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co">expeditiorepositorio.utadeo.edu.co</a> <small>Internet</small>	50 palabras — < 1%
5	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> <small>Internet</small>	44 palabras — < 1%
6	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> <small>Internet</small>	42 palabras — < 1%
7	<a href="http://centrocampillo.wordpress.com">centrocampillo.wordpress.com</a> <small>Internet</small>	40 palabras — < 1%
8	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> <small>Internet</small>	38 palabras — < 1%
9	<a href="http://iefectividad.conanp.gob.mx">iefectividad.conanp.gob.mx</a> <small>Internet</small>	37 palabras — < 1%

### Firmas del Comité

Dr. Gustavo A. Arnaud Franco  
Director de Tesis

Dra. Ana Gatica-Colima  
Co-Tutora de Tesis

Dr. Alejandro Carbajal Saucedo  
Co-Tutor de Tesis

## **Conformación de Comités**

### **Comité Tutorial**

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

Dr. Alejandro Carbajal Saucedo  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Co-Tutor de Tesis

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

### **Comité Revisor de Tesis**

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco  
Dra. Ana Bertha Gatica Colima  
Dr. Alejandro Carbajal Saucedo

### **Jurado de Examen**

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco  
Dra. Ana Bertha Gatica Colima  
Dr. Alejandro Carbajal Saucedo

### **Suplente**

Dra. María del Carmen Blázquez Moreno

## Resumen

México ocupa el primer lugar mundial en diversidad de serpientes de cascabel, con 45 especies, representando el 85% del total global. El género *crótalus* desempeña un papel crucial como regulador de poblaciones de roedores y lagartijas, especialmente en las islas del Golfo de California, donde han surgido endemismos notables como *Crotalus catalinensis*, *C. lorenzoensis*, *C. estebanensis*, *C. angelensis* y *C. atrox* (= *tortugensis*).

A pesar de la importancia ecológica de este grupo, la investigación sobre estas serpientes es limitada, en particular para *C. atrox* (= *tortugensis*) que se encuentra en la NOM-059 SEMARNAT en la categoría de protección especial. El estudio tiene como objetivo analizar aspectos ecológicos, como la abundancia en diferentes hábitats (laderas y mesetas), la identificación de la dieta mediante el análisis de excretas y la descripción del uso de microhábitats. Se realizaron visitas a la isla en temporadas seca y de lluvias, llevando a cabo transectos visuales nocturnos para recolectar datos y serpientes.

De las 47 serpientes recolectadas, se sexaron 42 (26 machos y 16 hembras). El análisis morfométrico reveló que no hay diferencias significativas en la longitud de hocico a cloaca (LHC), pero sí en la longitud de cloaca a cola (LCC), indicando dimorfismo sexual. El índice de Gibbons y Lovich confirmó que los machos son más grandes. La correlación positiva entre LHC y peso sugiere una relación directa entre el tamaño y el peso de las serpientes.

La condición corporal evaluada demostró que la temporada seca tiene el mayor porcentaje (79%) de individuos en buena condición corporal. Al estimar la abundancia se observó que la serpiente de Isla Tortuga es más abundante en zona de meseta que en laderas y es más probable observarla en temporada seca. El uso de microhábitat varió de acuerdo con la disponibilidad de recursos según la temporada y el hábitat, incluyendo refugio y alimento.

El análisis de la dieta a través de excretas de 18 serpientes reveló que *P. dickeyii* fue la presa principal, seguida por *Sceloporus orcutti* y artrópodos. Aunque hubo diferencias en la proporción de presas consumidas entre hábitats, la prueba chi cuadrada no mostró diferencias significativas, posiblemente debido al tamaño de la muestra, por lo que se sugiere realizar investigaciones con un muestreo más extenso y equitativo a lo largo del año para comprender mejor la ecología de *C. atrox* (= *tortugensis*).

**Palabras clave:** *Crotalus atrox* (= *tortugensis*), Isla Tortuga, abundancia, dieta, hábitat.

**ORCID:** 0009 0006 8835 3952

**Vo. Bo. Director de Tesis**



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

## Summary

Mexico ranks first globally in rattlesnake diversity, boasting 45 species, constituting 85% of the worldwide total. The genus *Crotalus* plays a crucial role as a regulator of rodent and lizard populations, particularly in the Gulf of California islands, where notable endemics such as *Crotalus catalinensis*, *C. lorenzoensis*, *C. estebanensis*, *C. angelensis*, and *C. atrox* (= *tortugensis*) have emerged.

Despite the ecological significance of this group, research on these snakes, especially *C. atrox* (= *tortugensis*) listed under NOM-059 SEMARNAT as a species of special protection, is limited. The study aims to analyze ecological aspects such as abundance in different habitats (slopes and plateaus), diet identification through excrement analysis, and the description of microhabitat use. Visits to the island were conducted during dry and rainy seasons, employing nighttime visual transects to collect data and snakes.

Of the 47 collected snakes, 42 were sexed (26 males and 16 females). Morphometric analysis revealed no significant differences in snout-vent length (SVL) but did show differences in cloaca to tail length (CTL), indicating sexual dimorphism. The Gibbons and Lovich index confirmed that males are larger. A positive correlation between SVL and weight suggests a direct relationship between size and weight.

Body condition was evaluated, with the dry season showing the highest percentage (79%) of individuals in good condition. Abundance was higher on plateaus during the dry season (2.82) and lower on slopes during the rainy season (0.93). Specific microhabitat preferences were observed based on the season and habitat.

Diet analysis of excrement from 18 snakes revealed *P. dickeyi* as the primary prey, followed by *Sceloporus orcutti* and arthropods. Although there were differences in the proportion of consumed prey between habitats, the chi-square test did not show significant differences, possibly due to the sample size. Therefore, further research with a more extensive and equitable sampling throughout the year is recommended to better understand the ecology of *C. atrox* (= *tortugensis*).

**Keywords:** *Crotalus atrox* (= *tortugensis*), Tortuga Island, abundance, diet, habitat.

**ORCID:** 0009-0006-8835-3952

**Vo. Bo. Director de Tesis**



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

**Dedicatoria**

Este trabajo lo dedico a las personas interesadas en el estudio de los reptiles en especial de las serpientes, espero que la información que encuentre aquí les sea de utilidad y ayude en el estudio y conservación de este grupo taxonómico.

## **Agradecimientos**

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y a la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos, por recibirme en sus instalaciones, brindar las herramientas y servicios necesarios para cursar y concluir mis estudios de Maestría.

A CONAHCyT por la beca otorgada (CVU 1081253) durante el periodo septiembre 2021 a septiembre 2023, para realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Israel Guerrero por el apoyo en el trabajo de campo y por compartir sus anécdotas.

Al Dr. Gustavo Alberto Arnaud por sus consejos, enseñanzas, anécdotas, recomendaciones de películas, por escucharme, comprenderme, apoyarme y no dejarme rendir en el camino.

Al Dr. Alejandro Carbajal por compartir su conocimiento, por su paciencia para enseñarme las técnicas de muestreo y de análisis de la información obtenida, por recibirme en el Laboratorio de Herpetología en la UANL y guiarme durante mi estancia en Monterrey.

A la Dra. Ana Bertha Gatica por su comprensión, apoyo y disposición para formar parte de mi proyecto.

A los pescadores que nos transportaron a Isla Tortuga.

A mi mamá por tratar de motivarme a continuar mis estudios y apoyar mis decisiones.

A los amigos que hice en La Paz, que gracias a su compañía hicieron mi estancia en la ciudad más ligera y divertida, además de darnos ánimos para continuar en nuestros proyectos.

A Gerardo Reyes por acompañarme en este proceso, ayudarme y mostrarme nuevas herramientas útiles para mi trabajo, por crear momentos agradables que hicieron este proceso más ligero y por recordarme que soy capaz de esto y más, por estar en esta nueva etapa de mi vida.



## Contenido

Resumen .....	i
Summary .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
Lista de figuras .....	vii
Lista de tablas .....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
2.1 Descripción de <i>Crotalus atrox</i> (= <i>tortugensis</i> ) .....	2
2.1.1 Taxonomía.....	2
2.1.2 Distribución.....	2
2.1.3 Descripción.....	3
2.1.4 Abundancia .....	4
2.1.5 Dieta .....	5
2.1.6 Reproducción .....	5
2.1.7 Depredación.....	5
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	<b>7</b>
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
5.1 Objetivo general.....	8
5.2 Objetivos particulares .....	8
<b>6. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
6.1 Área de estudio .....	9
6.2 Período de muestreo .....	11
6.3 Toma de datos de las serpientes .....	13
6.4 Análisis de características corporales .....	15
6.4.1 Longitud .....	15
6.4.2 Peso.....	15
6.4.3 Condición corporal.....	15
6.5 Abundancia .....	17
6.6 Uso de hábitat.....	17
6.6.1 Caracterización del hábitat .....	17
6.6.2 Preferencia de microhábitat .....	19
6.6.3 Temperatura .....	19
6.7 Dieta .....	20
6.8 Disponibilidad de presas .....	20
6.8.1 Presencia de lagartijas .....	20
6.8.2 Presencia de roedores .....	20
<b>7. RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
7.1 Características corporales.....	22
7.1.1 Longitud .....	22
7.1.2 Peso.....	24

7.1.3 Condición corporal.....	26
7.2 Abundancia relativa de serpientes de cascabel.....	29
7.2.1 Abundancia de serpientes por hábitat .....	29
7.2.2 Frecuencia y abundancia de serpientes por sexo.....	31
7.3 Uso de hábitat.....	33
7.3.1 Caracterización del hábitat .....	33
7.3.1.1 Índice de Valor de Importancia (IVI) .....	34
7.3.2 Preferencia de microhábitat .....	35
7.3.3 Relación entre temperatura corporal de las serpientes y temperatura del sustrato ...	37
7.4 Dieta .....	38
7.4.1 Excretas.....	38
7.4.2 Comparación de dieta entre sexos .....	39
7.5 Disponibilidad de presas .....	40
7.5.1 Lagartijas .....	40
7.5.2 Ratones .....	40
<b>8. DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
8.1 Características corporales.....	43
8.1.1 Longitud y dimorfismo sexual.....	43
8.1.2 Condición corporal.....	44
8.2 Abundancia .....	45
8.3 Uso de microhábitat.....	46
8.4 Temperatura corporal.....	48
8.5 Dieta .....	49
8.6 Disponibilidad de presas .....	50
8.6.1 Lagartijas .....	50
8.6.2 Roedores .....	50
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>10. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>54</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Distribución de <i>Crotalus atrox</i> . .....	2
<b>Figura 2.</b> Serpiente de cascabel <i>Crotalus atrox</i> (=tortugensis) .....	4
<b>Figura 3.</b> Ubicación de Isla Tortuga en el Golfo de California, México. ....	9
<b>Figura 4.</b> Mapa altimétrico de Isla Tortuga. ....	10
<b>Figura 5.</b> Climograma anual de la región de Isla Tortuga. ....	11
<b>Figura 6.</b> Sitios de muestreo en la Isla Tortuga. ....	12
<b>Figura 7.</b> Hábitat de laderas pedregosas en la Isla Tortuga. ....	13
<b>Figura 8.</b> Hábitat de meseta en la Isla Tortuga. ....	13
<b>Figura 9.</b> Frecuencia de serpientes de acuerdo con su longitud hocico-cloaca (LHC). ....	23
<b>Figura 10.</b> Frecuencia de longitud cola-cloaca (LCC) en cm entre machos y hembras. ....	24
<b>Figura 11.</b> Frecuencia de serpientes machos y hembras de acuerdo con su peso en gramos. ....	25
<b>Figura 12.</b> Correlación de Spearman. Peso y longitud de hocico a cloaca. ....	25
<b>Figura 13.</b> Correlación peso y longitud de machos y hembras. ....	26
<b>Figura 14.</b> Condición corporal por temporada. ....	27
<b>Figura 15.</b> Elasticidad o hidratación dérmica de las serpientes de acuerdo con la temporada. ....	28
<b>Figura 16.</b> Frecuencia de serpientes observadas en meseta y laderas. ....	30
<b>Figura 17.</b> Abundancia de serpientes en meseta y laderas en dos temporadas (seca y lluvias). ....	31
<b>Figura 18.</b> Número de machos y hembras observados en las temporadas de secas y lluvias. ....	32
<b>Figura 19.</b> Abundancia de machos y hembras por hábitat y temporada. ....	33
<b>Figura 20.</b> Porcentajes de cobertura de las cinco categorías estimadas a través de líneas de Canfield. ....	34
<b>Figura 21.</b> Índice de valor de importancia de las especies en cada hábitat. ....	35
<b>Figura 22.</b> Uso de microhábitat por hábitat. ....	36
<b>Figura 23.</b> Uso del microhábitat por temporada. ....	37
<b>Figura 24.</b> Frecuencias de la temperatura corporal de serpientes y del sustrato. ....	37
<b>Figura 25.</b> Dieta de <i>C. atrox</i> por sitio en temporada seca. ....	38
<b>Figura 26.</b> Porcentaje de la dieta de machos y hembras durante la temporada seca. ....	39
<b>Figura 27.</b> Abundancia de lagartijas por hábitat y durante temporada de secas y lluvias. ....	40
<b>Figura 28.</b> Ratón de la Isla Tortuga ( <i>Peromyscus dickeyi</i> ). ....	41
<b>Figura 29.</b> Frecuencia de ratones capturados por hábitat y por temporada. ....	42

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Criterios para la clasificación de condición corporal.....	16
<b>Tabla 2.</b> Frecuencias de machos (M) y hembras (H) de distintos rangos de longitud de hocico a cloaca (LHC) dentro de cada categoría de condición corporal. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Frecuencias de machos (M) y hembras (H) de distintos rangos de longitud de hocico a cloaca (LHC) dentro de cada categoría de elasticidad dérmica. ....	29
<b>Tabla 4.</b> Abundancia de serpientes durante los dos períodos de muestreo (secas y lluvias). ....	29
<b>Tabla 5.</b> Abundancia de serpientes por hábitat y temporada. ....	30
<b>Tabla 6.</b> Frecuencia y abundancia de sexos por temporada y hábitat. ....	32
<b>Tabla 7.</b> Esfuerzo de muestreo de ratones por sitio en cada temporada. ....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

Las serpientes de cascabel del género *Crotalus* tienen una gran importancia biológica, debido a que participan en el flujo de nutrientes de un ecosistema al ser depredadoras y presas, formando así parte de las redes tróficas, pudiendo ser además controladores biológicos de roedores. Su importancia también es del tipo cultural, ya que representan diferentes mitos y simbolismos en civilizaciones antiguas y contemporáneas, entre las que figura México, donde además la serpiente de cascabel es parte del emblema nacional (Klauber, 1972; Ávila Villegas, 2017).

México es considerado el centro de diversificación de las serpientes de cascabel, ya que cuenta con 45 especies que conforman alrededor del 85% del total de las especies de este grupo (Klauber, 1972; Armstrong y Murphy, 1979; Paredes García *et al.*, 2011; Pozas Ocampo, 2019; Ruiz-Sanchez *et al.*, 2019; Uetz *et al.*, 2022), lo que le otorga el primer lugar en diversidad de serpientes de cascabel en el mundo. Además, 29 de las especies son endémicas (Uetz *et al.*, 2022).

En el Golfo de California, existen más de 100 islas e islotes que se caracterizan por presentar un alto número de especies endémicas de varios grupos taxonómicos (Case *et al.*, 2002; Grismer, 2002). Su herpetofauna terrestre consta de 92 especies, distribuidas en 68 islas, incluyendo una tortuga terrestre, 55 lagartijas y 36 serpientes. El porcentaje de endemidad es del 48%, uno de los más altos del mundo (Arnaud *et al.*, 2019a). En la península de Baja California e islas aledañas, se encuentran 15 especies de *Crotalus*, que representa el 33% del total de especies reportadas para el país. Once de estas especies se distribuyen en la península y cinco en las islas del Golfo de California (Paredes García *et al.*, 2011; Pozas Ocampo, 2019; Ruiz-Sanchez *et al.*, 2019; Uetz *et al.*, 2022). Estas serpientes son de gran interés ecológico en los ambientes insulares, porque representan uno de los principales depredadores de roedores y lagartijas nativos, como es el caso de *Crotalus atrox* (= *tortugensis*), sin embargo, el conocimiento sobre su biología, ecología y el estado de conservación es escaso (Ávila Villegas, 2005; Paredes García *et al.*, 2011; Arnaud *et al.*, 2019a), por lo tanto en el presente estudio se pretendió conocer aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel *C. atrox* (= *tortugensis*) que habita en Isla Tortuga, lo cual contribuirá para proponer estrategias para su conservación.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Descripción de *Crotalus atrox* (= *tortugensis*)

#### 2.1.1 Taxonomía

*Crotalus atrox* fue descrita por Baird y Girard (1853). La que habita la Isla Tortuga, en el Golfo de California, fue descrita en 1921 como *C. tortugensis* por Van Denburgh y Slevin (1921). (Grismer, 2002) la ratificó como endémica de la isla, sin embargo, con base a análisis filogenéticos se encontró que forma parte del grupo de *atrox*, por lo que se considera en sinonimia con *tortugensis* (Castoe *et al.*, 2007; Ruiz-Sanchez *et al.*, 2019).

#### 2.1.2 Distribución

La serpiente de cascabel de diamantes tiene el rango de distribución más grande en Norteamérica (Spencer, 2008). En México se distribuye en las regiones áridas del norte (Castoe *et al.*, 2007) (Fig. 1). En el Golfo de California se distribuye en cinco islas (Dátil, San Pedro Mártir, Santa Cruz, Tiburón y Tortuga) (Arnaud *et al.*, 2023).



**Figura 1.** Distribución de *Crotalus atrox* (tomado de Castoe *et al.*, 2007).

### 2.1.3 Descripción

*Crotalus atrox* es una especie de cuerpo pesado y robusto, con cabeza triangular grande. La serpiente de la Isla Tortuga se distingue de las del noroeste de México porque no presenta la escama loreal superior y su talla es menor que la de otras poblaciones de la especie. Se ha registrado que los machos exceden ligeramente los 100 cm de longitud total, con una longitud total máxima de 105.8 cm (Grismer, 2002). La cabeza es proporcionalmente más pequeña en comparación al cuerpo, este rasgo a menudo se considera un indicador de enanismo, una característica común de las poblaciones insulares (Beaman y Spencer, 2004; Campbell y Lamar, 2004; Ernst y Ernst, 2011).

La población de Isla Tortuga presenta una coloración dorsal con rombos o diamantes, compuestos por escamas con una fila interna de color oscuro bordeadas por una fila de escamas externas de color claro. En la cola presenta anillos distintivos en blanco y negro; el dorso de la cabeza suele tener un moteado negro irregular. Cada franja supraocular está bordeada por una franja pálida inferior que se extiende desde la preocular superior hasta el margen del labio debajo del ojo y una franja pálida superior que se extiende desde la postocular superior hasta el margen del labio. La cola tiene 5-6 bandas negras que son tan anchas o más anchas que las bandas blancas que las separan (Grismer, 2002; Beaman y Spencer, 2004; Campbell y Lamar, 2004; Ernst y Ernst, 2011) (Fig. 2).



**Figura 2.** Serpiente de cascabel *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) (foto: Fernanda Manrriquez)

#### **2.1.4 Abundancia**

*Crotalus atrox* (= *tortugensis*) es inusualmente abundante en Isla Tortuga, sin embargo, no hay datos acerca del tamaño de la población y sus dinámicas (Ernst y Ernst, 2011). Al respecto, Klauber (1972) hace referencia a una visita a la isla por Steve Glaussel, en diciembre de 1934, quien tuvo encuentros con serpientes cada 30-46 m y colectó 20 individuos en dos horas. También Grismer (2002) la reporta como extremadamente abundante, ya que registró 26 individuos en unas horas de observación nocturna (sin especificar cuantas) durante el verano y señala que los salientes rocosos son un refugio para estas serpientes. Arnaud et al. (2019) reportan haber encontrado 17 individuos en una sola noche de primavera del 2010, 25 en una noche de primavera de 2011 y 31 individuos en julio de 2012.

Se distribuye en gran parte de la isla, excepto en la caldera del volcán (Grismer, 2002) y en la zona rocosa intermareal (Arnaud et al., 2019a).



### **2.1.5 Dieta**

Al igual que otras serpientes de cascabel *C. atrox* (= *tortugensis*) son cazadoras especializadas que basan su alimentación en vertebrados como mamíferos, reptiles y aves. De la isla se ha reportado que se alimenta del ratón nativo *Peromyscus dickeyi* (Ernst y Ernst, 2011) y de la lagartija espinosa *Sceloporus orcutti* (García Padilla *et al.*, 2011). En 55 muestras de heces de *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) colectadas en abril de 2009, abril de 2010, agosto de 2011 y julio de 2012, se encontró que contenían un 62% de restos de *Peromyscus dickeyi*, 20% de *Uta stansburiana*, 12% de *Sceloporus orcutti* y 6% de aves no identificadas (Arnaud *et al.*, 2019a).

### **2.1.6 Reproducción**

Grismer (2002) reporta haber encontrado hembras grávidas durante marzo y neonatos a finales de mayo. Ernst y Ernst (2011) reportan la talla de 25 cm de un neonato y que la hembra grávida más pequeña midió 76.2cm. Los escasos reportes existentes muestran una importante falta de conocimiento sobre la biología reproductiva de esta especie.

### **2.1.7 Depredación**

Hasta el momento, se desconocen los depredadores naturales de *C. atrox* (= *tortugensis*), pero la serpiente rey (*Lampropeltis getula*) que también habita en la isla, es un depredador potencial (Ernst y Ernst, 2011), así como el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), y el cuervo (*Corvus corax*) que pueden observarse en la isla en diferentes temporadas.

### 3. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) es señalada como una especie abundante en la Isla Tortuga, no existen datos cuantitativos que permitan estimar el tamaño poblacional ni otro tipo de información biológica. En este contexto, se requiere disponer de información, que permita implementar medidas para su conservación a largo plazo.

La población de *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) está adaptada a las condiciones de la isla, se encuentra incluida en la NOM-059 SEMARNAT en la categoría de protección especial (Pr), por lo que se requiere disponer de mayor información sobre su historia de vida con el fin de desarrollar programas de concientización y educación ambiental para los usuarios de la isla u otros en el área de la península, para que estén al tanto de los beneficios de la conservación y se conviertan en aliados contra la recolección ilegal de este tipo de serpientes de cascabel (SEMARNAT, 2010; Ernst y Ernst, 2011; Martins *et al.*, 2012; Arnaud *et al.*, 2019a).

#### 4. HIPÓTESIS

A diferencia de lo que ocurre con otras poblaciones de diferentes especies de serpientes de cascabeles de las islas del Golfo de California, *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) de la Isla Tortuga, ha sido reportada como particularmente abundante. Es posible que dicha abundancia sea favorecida por los refugios que provee la alta rocosidad de esta isla volcánica, así como la abundancia de presas potenciales.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

Analizar algunos aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) de la Isla Tortuga.

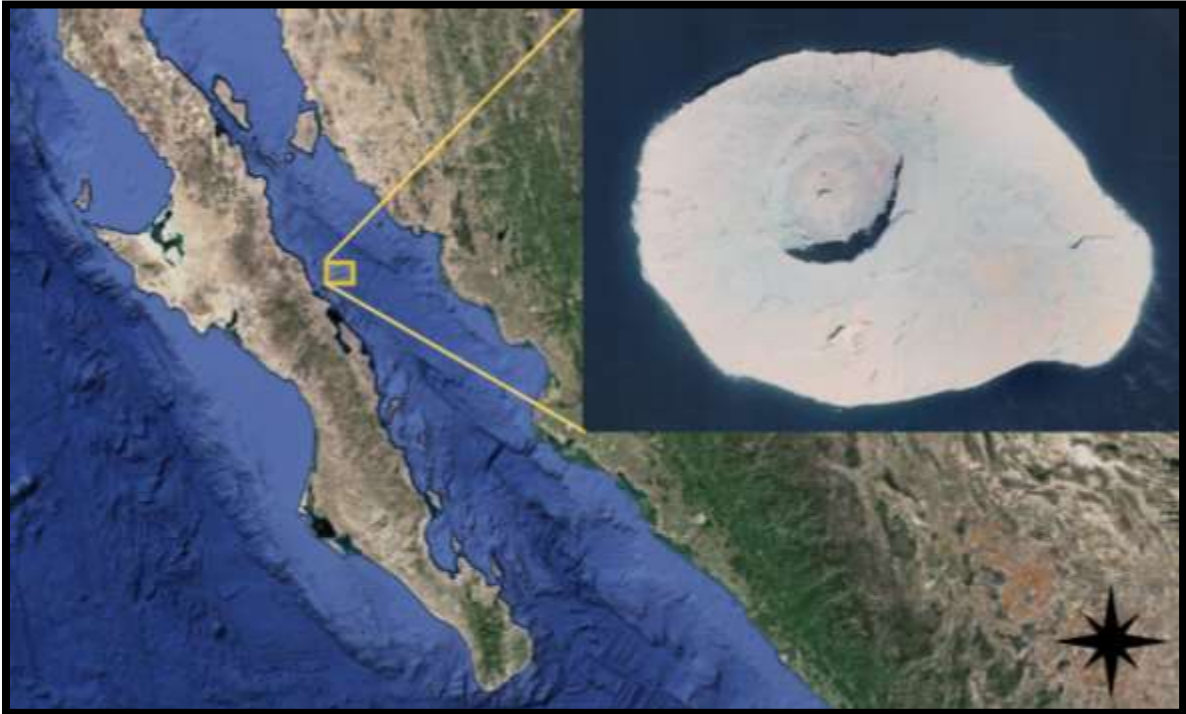
### 5.2 Objetivos particulares

- Estimar la abundancia de *C. atrox* (= *tortugensis*) en dos hábitats de la isla (laderas, meseta).
- Describir el uso del microhábitat de la serpiente en la isla.
- Identificar la dieta de la serpiente en dos temporadas (sequía y lluvias).

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

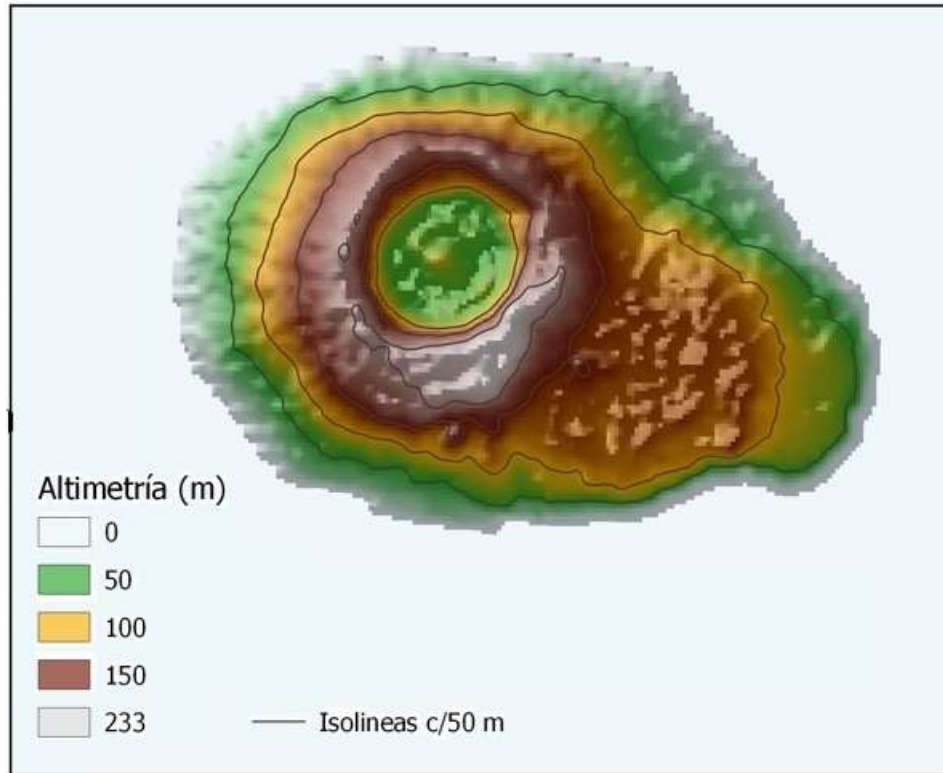
### 6.1 Área de estudio

Tortuga es una isla volcánica compuesta por flujos de lava de basalto toleítico, tobas vítricas y cantidades menores de andesita toleítica. Es un volcán submarino que se encuentra expuesto sobre el agua y cuyas rocas basálticas tienen una edad de 1.7 millones de años (Batiza, 1978). Se localiza en el polígono con coordenadas 27°26'59.79" N, 111°54'2.77" O y 27°25'53.35" N, 111°51'53.76" O en el Golfo de California, a 36.3 km al este de la ciudad de Santa Rosalía en el municipio de Mulegé, Baja California Sur, en la península de Baja California y aproximadamente a 125 km al oeste de bahía de Lobos, Sonora (Fig. 3). Tiene una superficie de 11.36 km<sup>2</sup> (Carreño y Helenes, 2002).



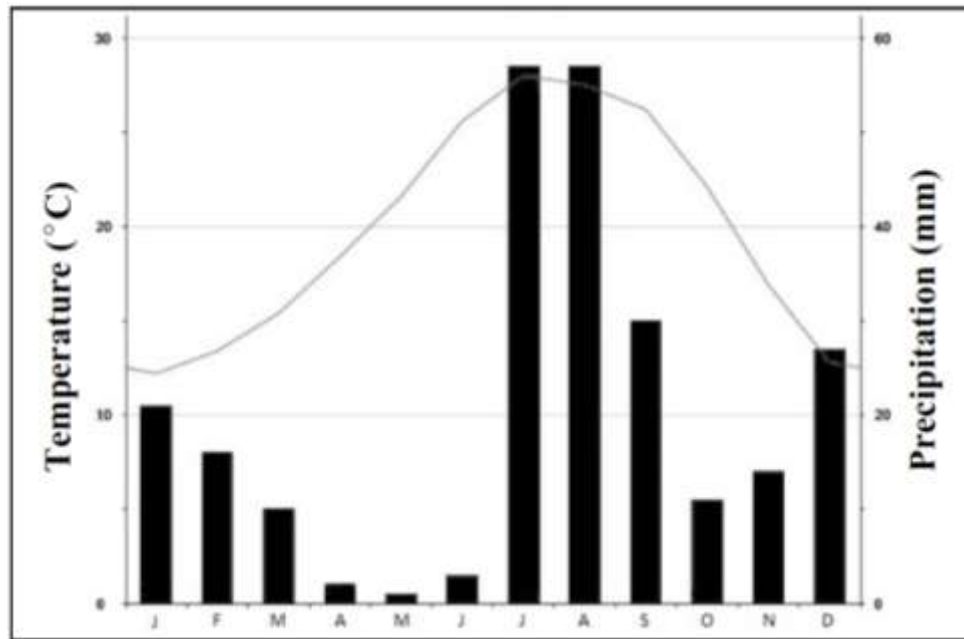
**Figura 3.** Ubicación de Isla Tortuga en el Golfo de California, México. (Fuente: Google Earth).

La altitud de la isla es de 309 m, con un hábitat xérico, desprovisto de agua dulce, excepto en época de lluvia (Ernst y Ernst, 2011; Arnaud *et al.*, 2019a); su superficie es casi completamente rocosa, carente de playas y su costa consiste principalmente en escarpados acantilados. El cono volcánico tiene una profundidad aproximada de 145 m, con bordes de 45 o más grados de inclinación (Fig. 4).



**Figura 4.** Mapa altimétrico de Isla Tortuga. Las curvas de nivel o isoclinas muestran una separación de 50 m entre ellas.

La temperatura media anual en la región es de 23 °C. En julio, el suelo alcanza temperaturas de 60 °C, mientras que la temperatura superficial de las rocas alcanza los 75 °C. Cuenta con tres temporadas definidas: la temporada seca, que se presenta de marzo a junio; la temporada de lluvias de verano, de julio a octubre, y; la de lluvias de invierno, de noviembre a febrero; los meses con mayor precipitación son julio y agosto (57 mm entre ambos meses) y con un total de 249 mm por año (Arnaud *et al.*, 2019a) (Fig. 5).



**Figura 5.** Climograma anual de la región de Isla Tortuga. La línea de la gráfica muestra el promedio de temperaturas diarias con la escala izquierda como referencia. Las barras representan el promedio de precipitación mensual utilizando la escala derecha. (Fuente: Arnaud *et al.*, 2019).

Está dominada por una vegetación de matorral espinoso (Grismer, 2002), típica del desierto de Sonora, con un matorral sarcocauléscente representado por 79 especies de plantas vasculares, agrupadas en 33 familias (Arnaud *et al.*, 2019a).

La herpetofauna reportada en esta isla consta de dos especies de lagartijas, la espinosa (*Sceloporus orcutti*) y la de costado manchado (*Uta stansburiana*); dos especies de culebras, serpiente rey (*Lampropeltis getula*) y la culebra nocturna del Pacífico (*Hypsiglena torquata*) y una especie de viperido, *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) (Arnaud *et al.*, 2019a). Respecto a la comunidad de aves, se han identificado siete especies terrestres residentes entre las que figuran el gorrión corona blanca (*Zonotrichia leucophrys*), el toquí cola verde (*Pipilo chlorurus*), gorrión garganta negra (*Amphispiza bilineata*) y cuervo (*Corvus corax*) (Arnaud *et al.*, 2019a).

## 6.2 Período de muestreo

Durante el año 2022, se realizaron tres visitas a Isla Tortuga, con una duración de cinco días cada una, en temporada seca en los meses de abril y junio, y en temporada de lluvias de verano en el mes de octubre. Los muestreos de serpientes se llevaron a cabo en la meseta del volcán en

una superficie de 0.34 km<sup>2</sup> y en las laderas de orientación sur, en una superficie de 1.19 km<sup>2</sup> (Figuras 6, 7, 8). La búsqueda de animales se realizó sobre la superficie de las rocas, así como bajo las mismas cuando se escuchaba el agitar de un cascabel por algún individuo, además de entre la vegetación. Si bien en la caldera del volcán existe vegetación dispersa, no hubo posibilidad de realizar muestreos debido a la dificultad de acceder a su interior.

Debido a que la actividad de las serpientes de cascabel es mayor durante y después del crepúsculo, el muestreo se inició una hora antes de oscurecer.



**Figura 6.** Sitios de muestreo en la Isla Tortuga. C=hábitat de meseta, D=hábitat de ladera. A y B representan el cono volcánico, donde A=fondo del cono y B=laderas de más de 45 grados de inclinación.





**Figura 7.** Hábitat de laderas pedregosas en la Isla Tortuga.



**Figura 8.** Hábitat de meseta en la Isla Tortuga.

### **6.3 Toma de datos de las serpientes**

En cada uno de los hábitats de muestreo (laderas o meseta), un grupo de búsqueda compuesto de cuatro personas se desplazó paralelamente con una separación aproximada de diez metros unos de otros. Se cuantificó con cronómetro el tiempo efectivo de búsqueda (Arnaud *et al.*, 2014). Al encontrar alguna serpiente, se detenía el cronómetro y se tomaba inicialmente la

temperatura corporal de la serpiente con un termómetro laser (marca Raytec, modelo minitemp) a través de cinco lecturas, obteniendo el promedio, posteriormente se tomaron las temperaturas del sustrato en el que se encontraba la serpiente, igualmente se hicieron cinco tomas y los datos se promediaron. Posteriormente se procedía a su captura. Los datos fueron registrados en un formato (ver anexo), donde se incluyó fecha y hora del encuentro, localidad, georreferencia del sitio, características del hábitat, temperatura del sustrato donde se encontró y la temperatura del individuo. El sitio de captura fue georreferenciado con GPS (marca Garmin, modelo GPSmap78s) y se tomaron datos relativos al sitio en el que se encontraba la serpiente. Cada serpiente fue registrada con una clave única e irrepetible. Se registró la longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de cola-cloaca (LCC), sexo, peso y condición corporal.

Los animales fueron manipulados utilizando pinzas, ganchos y tubos herpetológicos. Para la estimación del peso, los animales fueron dispuestos en costales de manta.

Para su manipulación, las serpientes fueron contenidas en tubos herpetológicos de acrílico transparente, lo cual consistió en introducir a la serpiente en el tubo de 60 cm de longitud. El diámetro del tubo varió dependiendo de la talla y grosor de la serpiente. Se introdujo la cabeza y hasta la mitad del cuerpo del ejemplar, estando así la cabeza asegurada y el resto del cuerpo libre para su manipulación.

Para el registro de las medidas somáticas se utilizó una cinta métrica con marcas en milímetros. Para la obtención del peso se depositó el ejemplar en un el costal de manta y se utilizó un dinamómetro (Pesola<sup>®</sup>), el peso final se obtuvo de la diferencia entre el peso de la bolsa y el peso de la bolsa con el ejemplar. El sexo se determinó utilizando un estilete de sexado que consiste en una varilla delgada con la punta roma de acero inoxidable; este instrumento se embebió en jalea lubricante Lubri-G (cloruro de benzalconio 0.1%; Farmacéutica Altamirano). En los extremos de la cloaca, se intentó introducir la varilla lentamente y sin forzarla; si el sexador penetraba profundamente, indicaba una serpiente macho, ya que la varilla penetraba en la funda de los hemipenes, por el contrario, si la varilla no penetraba, se trataba de una hembra, dado que carece de las fundas porque no tiene hemipenes (Schaefer, 1934). Por último, las

serpientes encontradas fueron marcadas con pintura acrílica en la base del cascabel siguiendo un código pre-establecido (Arnaud *et al.*, 2014), con el fin de cuantificar las recapturas.

## **6.4 Análisis de características corporales**

### **6.4.1 Longitud**

Los datos de longitud hocico-cloaca (LHC) y de cloaca-cola (LCC) fueron agrupados en rangos para generar cinco categorías con los siguientes valores: 1) de 54.60 a 63.62 cm; 2) de 63.63 a 72.64 cm; 3) de 72.65 a 81.66 cm; 4) de 81.67 a 90.68 cm y, 5) de 90.69 a 99.70 cm en las cuales se identificaron las categorías con mayor frecuencia de machos y hembras.

Posteriormente se realizó la prueba U de Mann Whitney para comparar longitudes entre machos y hembras y conocer si existe alguna diferencia entre sexos (Giraudó *et al.*, 2008). Con el propósito de determinar si existe dimorfismo sexual se utilizó el índice de (Lovich y Gibbons, 1992) el cual consiste en dividir la media del sexo más grande entre la media del sexo más pequeño, posteriormente restarle a uno el valor resultante de la división, obteniendo un valor positivo cuando las hembras son más grandes y valor negativo cuando los machos son más grandes (Shine, 1994; Smith, 1999).

### **6.4.2 Peso**

Los datos de peso fueron agrupados en rangos para generar cinco categorías con los siguientes valores en gramos: 1) 84.0-156.6, 2) 156.7-229.3, 3) 229.4-302.0, 4) 302.1-374.7 y 5) 374.8-447.0 y se identificaron las categorías con mayor frecuencia de machos y hembras.

Con el programa Minitab 18 se realizó un análisis de correlación de Spearman entre la longitud y peso de la población en general, a parte uno para machos y otro para hembras.

### **6.4.3 Condición corporal**

La condición corporal se evaluó con dos métodos, uno mediante la observación y palpado de la columna vertebral, las costillas y el músculo entre la columna y las costillas. Se asignó un puntaje de acuerdo con la característica presentada, tomando de referencia la escala de (Gimmel *et al.*, 2021) (Tabla 1), la cual fue simplificada para obtener un solo valor de condición

corporal ya que hay una relación entre las tres condiciones propuestas por él. Así, el puntaje varía en una escala de 1 a 5, donde el uno representa individuos deshidratados y flacos; la categoría tres indica una condición intermedia de individuos bien hidratados y con músculos; el cinco representa la categoría de individuos obesos, bien hidratados.

**Tabla 1.** Criterios para la clasificación de condición corporal. La categoría 1 representa individuos con malas condiciones de salud, flacos y deshidratados y la categoría 5 describe individuos obesos (Gimmel *et al.*, 2019).

	1	2	3	4	5
<b>Columna vertebral</b>	Afilada, puntiaguda	Poco afiladas	Palpable	Palpable con presión	No palpable
<b>Sección entre columna y lateral</b>	Cóncavo (sin músculo) deshidratada	Cóncavo (con poco músculo)	Recto (con músculo) hidratada	Recto (con músculo) hidratada	Convexo (con músculo prominente) bien hidratada
<b>Costillas</b>	Notorias	Fácilmente palpables	Palpables	Palpables con presión	No palpables

La segunda forma de evaluar la condición corporal fue a través de una prueba de elasticidad de la piel de las serpientes. La elasticidad es una propiedad de la piel que le permite cambiar y recuperar la forma cuando se estira o deforma (Clancy *et al.*, 2010). La prueba consistió en pellizcar la piel lateral de la parte media del cuerpo de la serpiente y mantenerla levantada durante tres segundos, después se suelta la piel y se cuentan los segundos que tarda en volver a su estado original. Estimamos que el tiempo de restablecimiento varía de acuerdo con el grado de hidratación del individuo, ya que, la elasticidad de la piel está ligada principalmente al contenido de agua y en menor medida a la proteína elastina (Clancy *et al.*, 2010). Cuando se aplica una fuerza en la piel (pellizco), las fibras elásticas presentan una respuesta inmediata que implica a los fluidos y a las propias fibras elásticas, para facilitar una recuperación completa del estado original (Prost-Squarcioni *et al.*, 2008). En este sentido definimos tres categorías, con valores del uno al tres, donde: 1) la piel tarda más de tres segundos en volver a su posición original, lo cual representa a un individuo deshidratado, 2) la piel tarda de 1-3 segundos en volver a su lugar, mostrando una hidratación intermedia y 3) la piel toma menos de un segundo volver a su posición inicial, lo que representa a un individuo bien hidratado.

## 6.5 Abundancia

La abundancia se estimó sumando el número de individuos encontrados durante el tiempo de búsqueda (ecuación 1) (Ávila Villegas, 2005). Se calcularon abundancias para cada uno de los ambientes muestreados (laderas y meseta) y por temporada (seca y lluvias de verano).

(1)

$$ART_n = N_n / \text{hrs-búsqueda}_n$$

Dónde:

**ART<sub>n</sub>**: abundancia relativa de serpientes en la temporada n

**N<sub>n</sub>**: número de serpientes encontradas en la temporada n

**hrs-búsqueda**: tiempo efectivo total de búsqueda durante la temporada n

## 6.6 Uso de hábitat

### 6.6.1 Caracterización del hábitat

Para estimar la disponibilidad de recursos vegetales en la isla, se realizaron muestreos en las laderas y meseta, para identificar las especies de plantas presentes, así como su abundancia.

Se estimó la cobertura de la vegetación a través del método de intercepción de línea de Canfield (1941), mediante cinco líneas de 50 metros de largo por 2 metros de ancho seleccionadas al azar (Rostagno *et al.*, 1988; García-Sánchez y Monroy-Ata, 2005) en laderas y dos en meseta. Este método consiste en trazar una serie de líneas rectas a intervalos constantes con una cinta métrica de 50 m, posteriormente con otra cinta métrica (de 3 a 5 m) se mide la superficie de la cobertura de la planta que intercepte la línea de 50 m. La longitud total de todas las líneas se toma como cien por ciento para calcular la cobertura de cada especie. Además de la cobertura se puede calcular la abundancia numérica y la frecuencia de las especies en el área de estudio, así como el área sin cobertura vegetal (Arroyo Galván y Serra Ortiz, 2015), en estas áreas sin cobertura se registra el tipo de rocas presentes clasificadas como: R1 (de 1-10 cm de diámetro), R2 (de 11-20 cm) y R3 (>21 cm), o como suelo sin vegetación cuando el área no está cubierta por rocas ni por vegetación.

Con los datos obtenidos se hacen los siguientes cálculos:

(2)

$$C = (L/Lt) \times 100$$

Dónde:

**C:** Cobertura.

**L:** Longitud interceptada por especie.

**Lt:** Longitud total de las líneas.

(3)

$$F = (Ni/Nt) \times 100$$

Dónde:

**F:** Frecuencia.

**Ni:** Número de veces que la especie es interceptada por la línea.

**Nt:** Total de especies interceptadas por la línea.

Para conocer las especies más representativas de cada sitio, se estimó el índice de valor de importancia (IVI), el cual se utiliza para comparar submuestras provenientes de una superficie como una hectárea, pertenecientes a una misma unidad paisajística, en este caso meseta o ladera. Este índice define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema y se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia, densidad y dominancia relativas. Se estima de la siguiente manera (Finol U y Finol U, 1976; Rangel-Ch y Velázquez, 1997; González-Rodríguez *et al.*, 2010; Campo y Duval, 2014):

(4)

$$IVI = DR + DO + FR$$

Dónde:

**IVI:** Índice de Valor de Importancia.

**DR:** Densidad relativa (%).

**DO:** Dominancia relativa (%).

**FR:** Frecuencia relativa (%).

**Densidad relativa (%)** = Número de individuos de la especie / Número total de individuos x 100

**Dominancia (%)** = Área basal de la especie / Área basal total x 100

**Frecuencia relativa (%)** = Número de veces o submuestras en que se repite una especie/Número total de submuestras x 100.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Núm. de individuos de la especie}}{\text{Núm. total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia de la sp}}{\text{Dominancia de todas las spp}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la sp}}{\text{Frecuencia de todas las spp}} \times 100$$

Heiseke y Foroughbakhch (1985) recomiendan lo anterior cuando la mayoría de las especies presentes son arbustos con una gran cantidad de tallos con diámetros menores a 1 cm (González-Rodríguez *et al.*, 2010).

### 6.6.2 Preferencia de microhábitat

En los muestreos nocturnos, cuando una serpiente fue detectada, se registró el microhábitat en que se encontró, clasificado como: sobre roca (cuando la serpiente está en una roca expuesta), bajo roca (cuando la serpiente está refugiada bajo rocas), sobre vegetación (cuando se encuentra perchada en un arbusto), bajo vegetación (cuando se encuentra en la sombra de alguna planta) y suelo sin vegetación (cuando se encuentra en un suelo sin rocas y sin vegetación).

### 6.6.3 Temperatura

Considerando los valores mínimos y máximos de temperatura del sustrato y de la serpiente, se establecieron cinco categorías con los siguientes rangos de temperatura: 1) 18.74-21.62 °C, 2) 21.63-24.50 °C, 3) 24.51-27.38 °C, 4) 27.39-30.26 °C y 5) 30.27-33.14 °C, en los cuales se identificó la frecuencia de serpientes y de veces que el sustrato entra en cada rango, lo cual ayuda a identificar el rango de temperatura más utilizado por las serpientes.

## **6.7 Dieta**

La determinación de la dieta se obtuvo a través del análisis de excretas de los individuos capturados. Esto se llevó a cabo mediante su expulsión forzada palpando ventralmente la región del tercer tercio del cuerpo y empujando el contenido del intestino hacia la dirección de la cloaca. Las excretas fueron depositadas en frascos y trasladadas al Laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR para su procesamiento a través de la inspección visual y tamizado. Con la ayuda de un microscopio estereoscópico y una lupa, se separaron los restos no digeridos de las presas (huesos, pelo, escamas, otros). Los restos fueron identificados hasta especie cuando fue posible, a través de su comparación con material de referencia de la isla. Los resultados fueron expresados como porcentaje de frecuencia de ocurrencia (Bonnet *et al.*, 2002; Avila Villegas *et al.*, 2007).

## **6.8 Disponibilidad de presas**

### **6.8.1 Presencia de lagartijas**

Se estimó la abundancia por método de transecto lineal. Los transectos se realizaron en horario matutino por cuatro observadores durante 30 minutos (iniciando aproximadamente a las 10:00 h) en las zonas de meseta y laderas. La cantidad de individuos observados se registraron en un formato. Se procuró mantener distancia constante entre los observadores para evitar que más de un observador contara al mismo individuo.

Con los datos obtenidos se estimó la frecuencia de lagartijas en cada temporada y en cada sitio.

### **6.8.2 Presencia de roedores**

Se cuantificó la abundancia relativa de roedores en los dos hábitats de la isla utilizando trampas tipo Sherman cebadas con avena (Cabrera Santiago, 2005; Glaudas y Rodríguez-Robles, 2011; Ramos Vera, 2016; McMinn *et al.*, 2017). Este tipo de trampas son ampliamente utilizadas para la captura en vivo de micromamíferos (Ramos Vera, 2016; McMinn *et al.*, 2017).

Las trampas se activaron antes de la puesta del sol (Glaudas y Rodríguez-Robles, 2011; McMinn *et al.*, 2017). En cada sitio de muestreo (ladera o meseta) se ubicaron dos líneas paralelas, con 20 m de separación entre ellas, con un total de 25 trampas por línea, con una separación de 10



m entre trampas (Cabrera Santiago, 2005; Ramos Vera, 2016). Este procedimiento se repitió en diferentes sitios de la zona de la ladera y la meseta. Las trampas fueron revisadas temprano en la mañana siguiente. Los roedores capturados fueron liberados en su lugar de captura (Glaudas y Rodríguez-Robles, 2011; Ramos Vera, 2016; Mcminn *et al.*, 2017). La abundancia se estimó de acuerdo con éxito de captura (EC) a través de la fórmula:

(5)

$$EC = (C/T) \times 100$$

Dónde:

**EC**= Éxito de captura.

**C** = Número total de individuos capturados de una determinada especie, por muestreo.

**T** = Número de trampas utilizadas por muestreo.

Si el muestreo era de varias noches, el número total de trampas se obtuvo multiplicando la cantidad de trampas utilizadas en una noche, por el número de noches de trampeo (Nelson y Clark, 1973). De esta forma, el valor obtenido es proporcional a la densidad de la población, el cual está determinado por la unidad de esfuerzo de muestreo (número de trampas utilizadas o captura/esfuerzo) (Simonetti, 1986). De acuerdo con los porcentajes del EC, se define a los ratones como abundantes, cuando sus valores fluctúan entre 76 - 100 %, común = 51 - 75 %, escasos = 26 - 50% y raros = 1 - 25%.

## 7. RESULTADOS

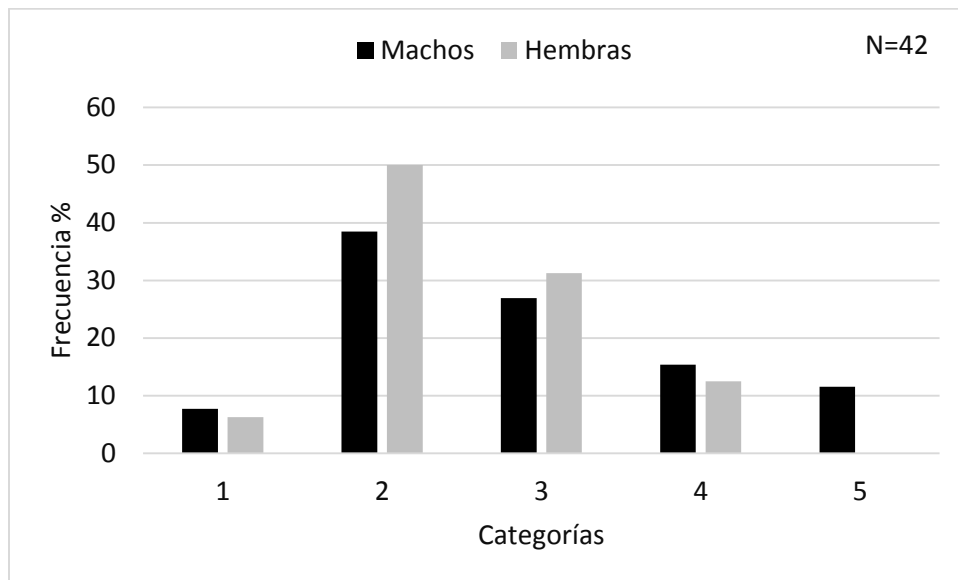
Un total de 47 individuos de la serpiente de cascabel de diamantes se registraron en la Isla Tortuga, 16 hembras, 26 machos y cinco individuos no sexados. En la temporada seca se registraron 38 individuos y en la de lluvias 9.

### 7.1 Características corporales

#### 7.1.1 Longitud

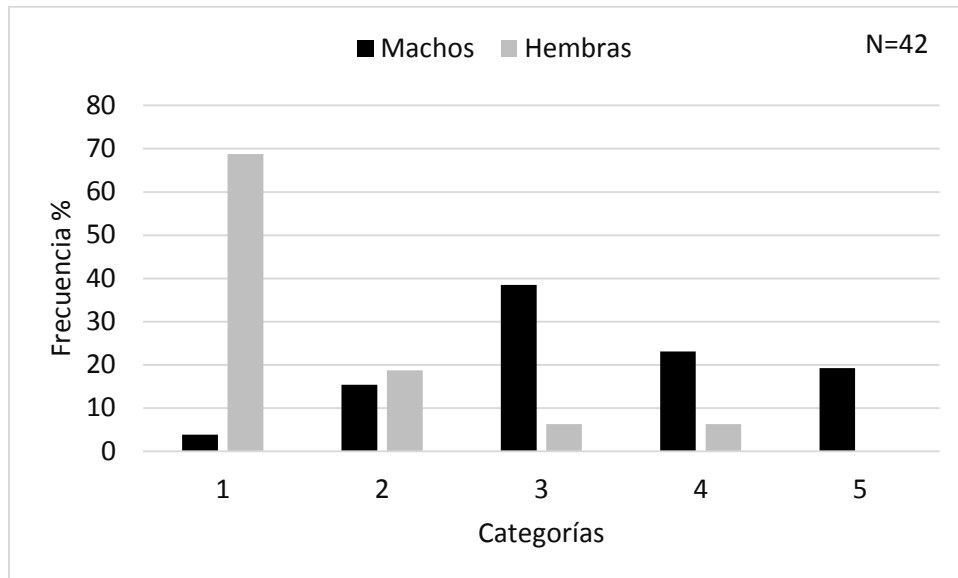
Se presentan a continuación los datos morfométricos (LHC y LCC) de los 42 individuos sexados.

Los porcentajes de machos y hembras para cada categoría de longitud hocico a cloaca (LHC) fueron: 1) 7.7% machos y 6.3% hembras; 2) 38.5% machos y 50% hembras; 3) 26.9% machos y 31.3% hembras; 4) 15.4% machos y 12.5% hembras; 5) 11.5% machos y 0% hembras. La categoría 2 (63.63 - 72.64 cm) resultó la de mayor frecuencia para ambos sexos con 10 ejemplares (38.5%) machos y ocho hembras (50%) (Fig. 6). La frecuencia de hembras fue disminuyendo en las categorías de rangos más largos, por ejemplo, en la categoría cinco (rangos de 90.69-99.70 cm) solo se registraron tres machos, lo que sugiere la presencia de dimorfismo sexual, sin embargo con la prueba U de Mann Whitney, se mostró que no existe diferencia de longitud entre sexos ( $U= 174$ ,  $Z= -0.88$ ,  $p > 0.05$ ), por el contrario, el índice de Lovich y Gibbons (1992), determinó que los machos son más grandes que las hembras con un valor de dimorfismo sexual de -0.05.



**Figura 9.** Frecuencia de serpientes en relación con su longitud hocico-cloaca (LHC) en cm en las diferentes categorías: 1) 54.60 a 63.62; 2) 63.63 a 72.64; 3) 72.65 a 81.66; 4) 81.67 a 90.68 y, 5) 90.69 a 99.70.

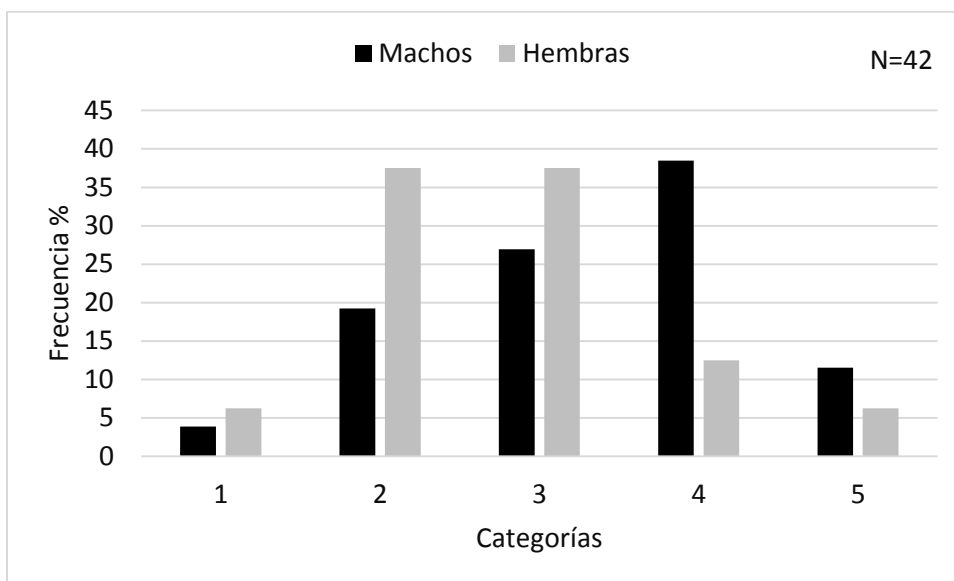
En el caso de la LCC la categoría 1 (4.20-4.88 cm) estuvo integrada por una frecuencia de 11 hembras (68.8 %), las cuales disminuyeron paulatinamente en los rangos del 2 (4.89-5.56 cm) al 4 (6.25 a 6.92 cm), siendo ausentes en la categoría 5 (6.93 a 7.60 cm). En cambio, la frecuencia de machos se presentó en las cinco categorías, siendo mayor en la categoría 3 (5.57 a 6.24 cm) con 38.5 % (Fig. 10), lo que sugiere la existencia de dimorfismo sexual. La prueba U de Mann Whitney indicó que existe diferencia significativa en la longitud de cola entre sexos ( $U= 44$ ,  $Z= -4.25$ ,  $p < 0.05$ ), igualmente el índice de (Lovich y Gibbons, 1992), determinó que los machos poseen la cola más larga que las hembras con un valor de dimorfismo sexual de -0.28.



**Figura 10.** Frecuencia de longitud cola-cloaca (LCC) en cm entre machos y hembras en las cinco categorías: 1 (4.20-4.88), 2 (4.89-5.56), 3 (5.57-6.24), 4 (6.25-6.92) y 5 (6.93-7.6). Las hembras presentan menor longitud de cola que los machos.

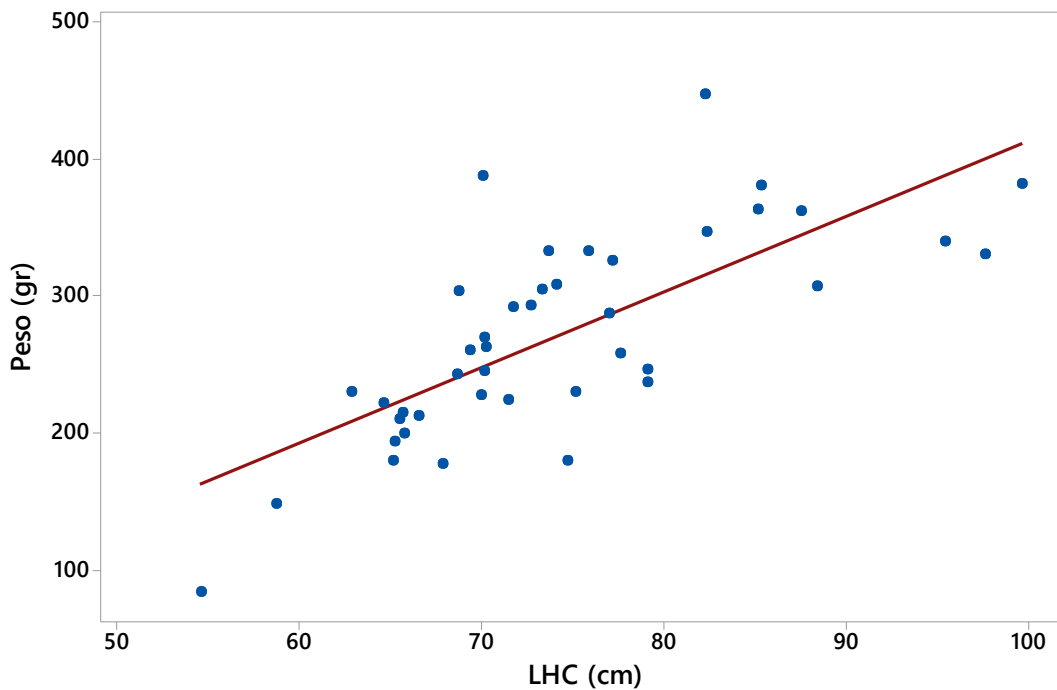
### 7.1.2 Peso

El individuo de menor peso fue un macho de 84 gr y el de mayor peso fue uno de 447 gr. Las frecuencias más altas de hembras se encuentran en las categorías 2 (156.7-229.3 gr) y 3 (229.4-302.0 gr) con 6 individuos en cada una (37.5%), mientras que la categoría 4 (302.1-374.7 gr) es la de mayor frecuencia de machos con 10 individuos que conforman el 38.5% (Fig. 11), al contrario de las hembras que en esta categoría disminuyeron a dos individuos (12.5%). En ambos sexos los porcentajes más bajos se registraron en las categorías 1(84.0-156.6 gr) y 5 (374.8-447.0 gr) que representan los pesos más ligeros y los más pesados respectivamente.



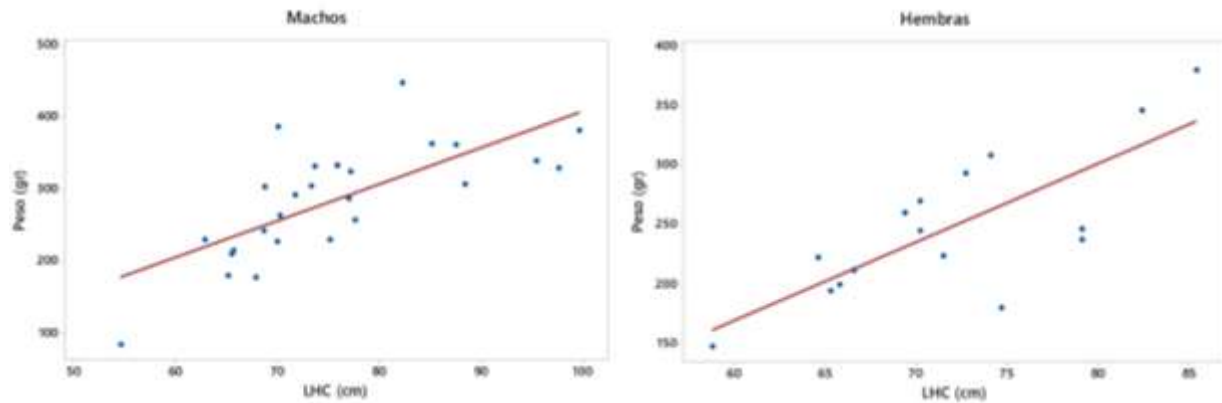
**Figura 11.** Frecuencia de serpientes por sexo de acuerdo con su peso en gramos en las distintas categorías: 1) 84.0-156.6, 2) 156.7-229.3, 3) 229.4-302.0, 4) 302.1-374.7 y 5) 374.8-447.0.

La prueba de correlación de Spearman indica una asociación positiva entre la longitud hocico a cloaca y el peso de los 42 individuos sexados, con una fuerza considerable ( $Rho= 0.760$ ,  $p= 0.000$ ) (Fig. 12).



**Figura 12.** Correlación de Spearman. Peso y longitud de hocico a cloaca ( $n=42$ ,  $Rho= 0.760$ ,  $p= 0.000$ ;  $y= 47.74 + 0.0978x$ ,  $R^2= 54.02\%$ ).

Al analizar la correlación de estos rasgos entre machos y hembras, se observa que los machos conservan una asociación positiva de fuerza considerable con un valor  $Rho=0.767$ , mientras que en las hembras este valor disminuye a  $Rho=0.664$  (Fig.13).

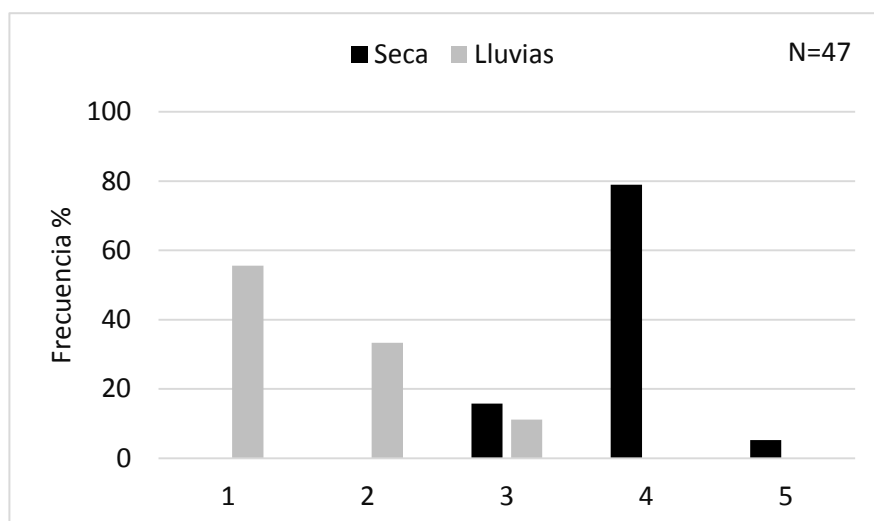


**Figura 13.** Correlación de peso-longitud en machos ( $n=26$ ,  $Rho= 0.767$ ,  $p= 0.000$ ;  $y=47.05 + 0.1004x$ ,  $R^2= 50.9\%$ ) y hembras ( $n=16$ ,  $Rho= 0.664$ ,  $p= 0.005$ ;  $y= 49.75 + 0.0893x$ ,  $R^2= 58.9\%$ ).

### 7.1.3 Condición corporal

Del total de individuos (47), los 38 encontrados durante la temporada seca se distribuyeron en las categorías de condición corporal de la siguiente manera: 30 (79 %) presentaron una buena condición corporal correspondiente a la categoría 4, seis serpientes (16 %) cumplieron con los criterios de una categoría 3 y dos (5 %) presentaron una condición de categoría 5. En términos generales, su condición corporal durante esta temporada fue buena (Fig. 14).

Las nueve serpientes capturadas durante la temporada de lluvias mostraron una condición corporal de menor valor. Un individuo (11%) mostró características de la categoría 3, tres individuos (33%) presentaron una condición corporal de la categoría 2 y cinco individuos (56%), se colocaron en la categoría 1 (Fig. 14).



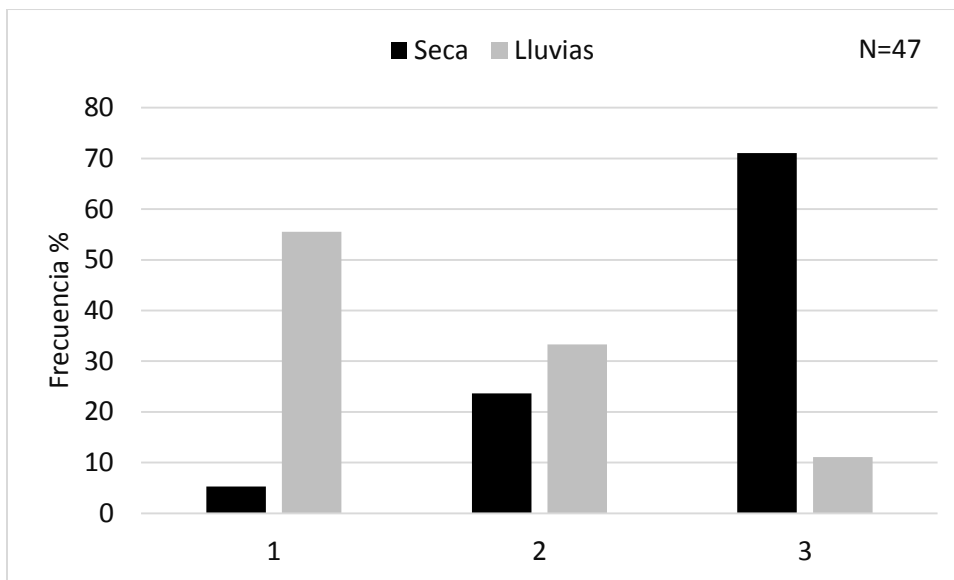
**Figura 14.** Porcentaje de serpientes de acuerdo con categorías de condición corporal por temporada.

Según las categorías de condición corporal establecidas y los cinco rangos utilizados para agrupar la longitud hocico-cloaca, de los 42 individuos sexados, se observó que la mayor frecuencia de serpientes se presentó en el rango 2 (63.63-72.64 cm) de la categoría 4 de condición corporal, representado por nueve machos y seis hembras. Le siguió en frecuencia de serpientes el rango 3 (72.65-81.66 cm), también de la categoría 4 de condición corporal, donde se presentaron seis machos y tres hembras (Tabla 2). De las cinco serpientes no sexadas, tres ejemplares estuvieron en el rango 2 de LHC y una del rango 3 de LHC, en la categoría 4 de condición corporal, mientras que un individuo estuvo en el rango cuatro de LHC en la categoría 3 de condición corporal.

**Tabla 2.** Frecuencias de machos (M) y hembras (H) de distintos rangos de longitud de hocico a cloaca (LHC) que se muestran en sentido horizontal, dentro de cada categoría de condición corporal en sentido vertical.

Rango LHC (cm)	54.60- 63.62		63.63-72.64		72.65-81.66		81.67-90.68		90.69-99.70	
Categorías	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0
4	2	1	9	6	6	3	3	2	0	0
5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Para la elasticidad de la piel de las serpientes, la cual refleja su nivel de hidratación, se tomaron en cuenta los 47 individuos quienes mostraron una variación de frecuencia en las distintas categorías de elasticidad en ambas temporadas. En la temporada seca la población presentó el mayor porcentaje (71.1%) de individuos con buena hidratación (categoría 3), mientras que en la temporada de lluvias ocurrió el nivel más alto (55.6%) de deshidratación (categoría 1) (Fig. 15).



**Figura 15.** Elasticidad o hidratación dérmica de las serpientes en cada temporada, donde: 1) La piel tarda más de 3 segundos en volver a su posición inicial, 2) La piel tarda de 1-3 segundos en volver y 3) La piel vuelve a su lugar en menos de un segundo.

En relación con las categorías de elasticidad o hidratación y los cinco rangos de LHC, de los 42 individuos sexados, en la categoría 3 (individuos bien hidratados), la mayor frecuencia de serpientes se presentó en el rango 2 (63.63-72.64), representado por ocho machos y tres hembras. En la categoría 2 (individuos con hidratación moderada), las mayores frecuencias ocurrieron en dos rangos, en el de 63.63-72.64, representados por un macho y tres hembras, así como en el rango de 72.65-81.66, representados por cuatro machos y dos hembras (Tabla 3).



**Tabla 3.** Frecuencias de machos (M) y hembras (H) de distintos rangos de longitud de hocico a cloaca (LHC) dentro de cada categoría de elasticidad dérmica.

LHC (cm)	54.60-63.62		63.63-72.64		72.65-81.66		81.67-90.68		90.69-99.70	
Categorías	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
1	0	0	1	2	1	1	0	1	1	0
2	0	0	1	3	4	2	0	0	1	0
3	2	1	8	3	2	2	4	1	1	0

## 7.2 Abundancia relativa de serpientes de cascabel

En los dos muestreos de la temporada seca se encontraron 38 serpientes, con un tiempo efectivo de búsqueda de 25.25 horas y una abundancia de 1.50 individuos/hora de búsqueda. Durante la temporada de lluvias se encontraron nueve serpientes en un tiempo de 7.30 horas, en la cual la abundancia fue de 1.23 serpientes/h de búsqueda. El total anual fue de 47 serpientes encontradas en 32.54 horas de búsqueda, que equivale a una abundancia de 1.44 serpientes/h de búsqueda (Tabla 4).

**Tabla 4.** Abundancia de serpientes durante los dos períodos de muestreo (secas y lluvias).

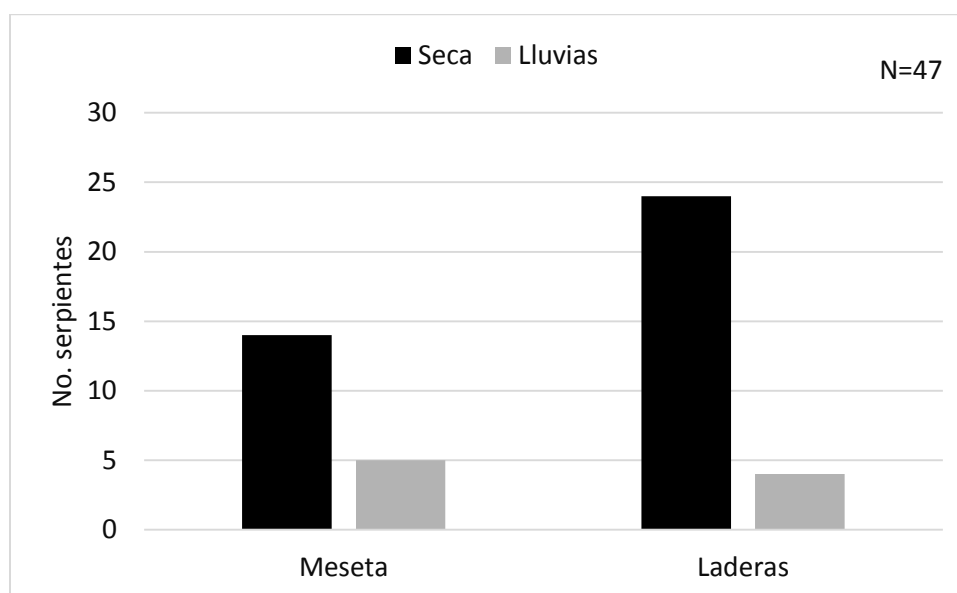
	Secas	Lluvias de verano	Total
Serpientes encontradas	38	9	47
Tiempo de búsqueda (hr)	25.25	7.30	32.54
Abundancia	1.50	1.23	1.44

### 7.2.1 Abundancia de serpientes por hábitat

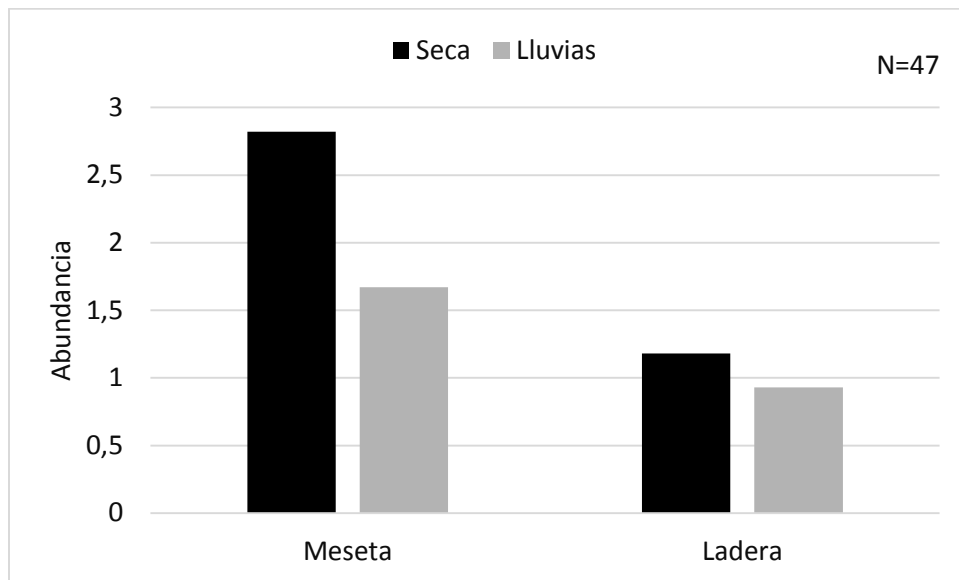
El número de serpientes encontradas de acuerdo con tipo de hábitat (ladera y meseta) varió por temporada. Durante la temporada de secas se encontraron 24 individuos en las laderas y 14 en la meseta, mientras que en la temporada de lluvias se encontraron cuatro en las laderas y cinco en la meseta (Tabla 5, Fig. 16).

**Tabla 5.** Abundancia de serpientes por hábitat y temporada.

Sitio	Secas		Lluvias de verano		Total
	Meseta	Ladera	Meseta	Ladera	
Serpientes observadas	14	24	5	4	47
Tiempo de búsqueda (horas)	4.96	20.28	3.00	4.30	32.54
Abundancia	2.82	1.18	1.6	0.93	1.44

**Figura 16.** Frecuencia de serpientes observadas en meseta y laderas en la temporada de secas y de lluvias (N=47).

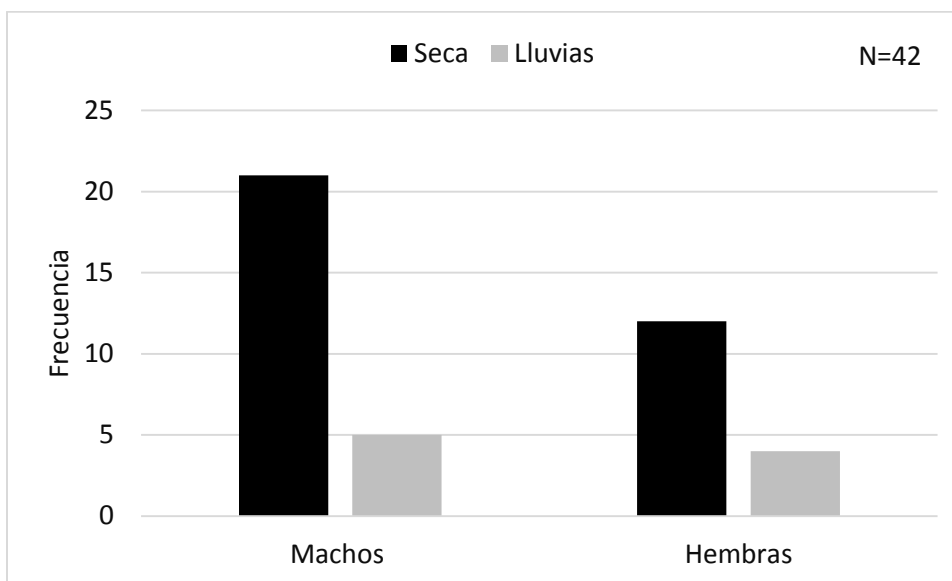
La abundancia, entendida como la relación entre el número de individuos encontrados por tiempo de búsqueda, mostró que el hábitat con mayor abundancia de serpientes en la isla es el de meseta, con un valor de 2.82 serpientes/h en la temporada seca y de 1.67 serpientes/h en la de lluvias, mientras que en las laderas se obtuvieron valores de 1.18 y 0.93 serpientes/h (Fig. 17), esta diferencia fue estadísticamente significativa entre sitios ( $X^2= 6.70$ ,  $gl= 1$ ,  $p < 0.05$ ) y entre temporadas ( $X^2= 8.35$ ,  $gl= 1$ ,  $p < 0.05$ ).



**Figura 17.** Abundancia de serpientes en meseta y laderas en dos temporadas (seca y lluvias).

### 7.2.2 Frecuencia y abundancia de serpientes por sexo

De las 47 serpientes capturadas, 42 (89 %) fueron sexadas, constituidas por 26 machos y 16 hembras. Durante la temporada seca se encontraron 21 machos y 12 hembras, mientras que en la temporada de lluvias se encontraron cinco machos y cuatro hembras (Fig. 18 y Tabla 8), siendo mayor el número de machos en la temporada seca y menor en la temporada de lluvia, sin embargo, la proporción de sexos no fue significativamente diferente, dando como resultado una relación de 1:1 ( $X^2 = 2.38$ ,  $gl = 1$ ,  $p > 0.05$ ).



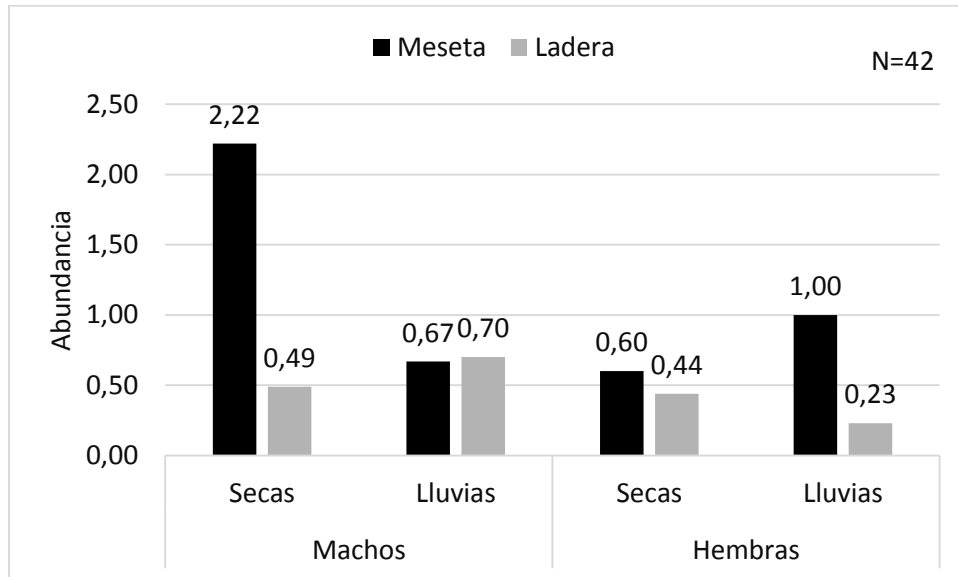
**Figura 18.** Número de machos y hembras observados en las temporadas de secas y lluvias.

De los 21 machos observados en la temporada seca, 11 se encontraron en el hábitat de meseta y 10 en ladera, mientras que en la temporada de lluvia se observaron dos y tres respectivamente; en el caso de las hembras se encontraron tres individuos en la meseta en ambas temporadas, mientras que en laderas fueron más numerosas en la temporada de secas (nueve individuos) y en la temporada de lluvias de verano solo se colectó una serpiente (Tabla 6).

**Tabla 6.** Frecuencia y abundancia de sexos por temporada y hábitat.

Sitio	Secas		Lluvias de verano		Total
	Meseta	Ladera	Meseta	Ladera	
<b>Machos</b>	11	10	2	3	26
<b>Hembras</b>	3	9	3	1	16
<b>Tiempo de búsqueda (horas)</b>	4.96	20.28	3.00	4.30	32.54
<b>Abundancia Machos</b>	2.21	0.49	0.66	0.69	0.79
<b>Abundancia Hembras</b>	0.60	0.44	1	0.23	0.49

Los machos fueron más abundantes en la temporada de secas en el hábitat de meseta, mientras que las hembras lo fueron también en el hábitat de meseta, pero durante la temporada de lluvias. En general fue mayor la abundancia de machos que de hembras (Tabla 6, Fig. 19).

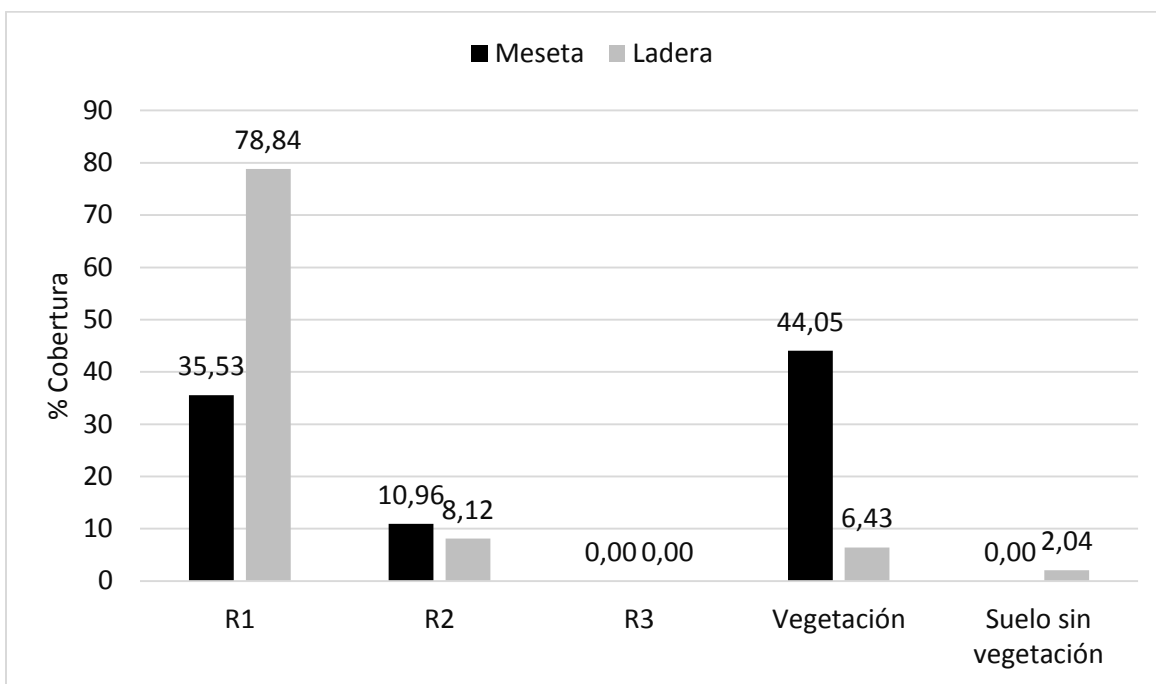


**Figura 19.** Abundancia de machos y hembras por hábitat y temporada. El número que se encuentra arriba de cada barra representa el valor de abundancia.

### 7.3 Uso de hábitat

#### 7.3.1 Caracterización del hábitat

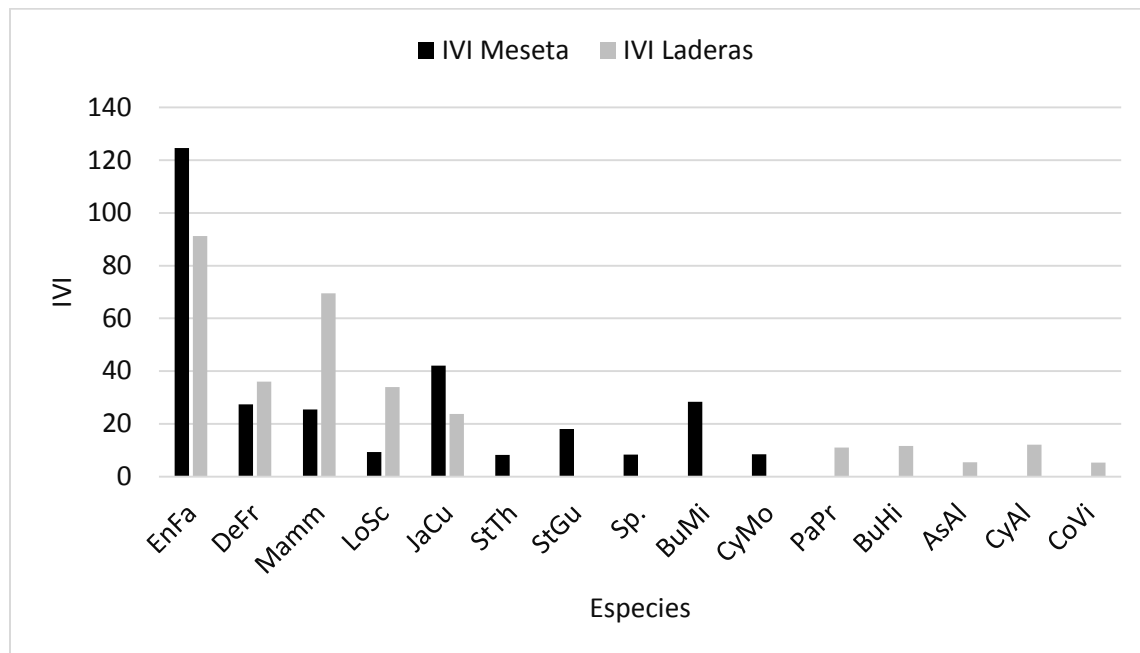
En las dos líneas de Canfield trazadas en la meseta se muestra una predominancia de cobertura vegetal (44%) seguida por suelo con rocas R1 (35%). En las laderas, por el contrario, predomina el suelo con rocas R1 (79%), mientras que las categorías restantes (R2, R3 y suelo sin vegetación) para cada hábitat presentaron frecuencias menores (Fig. 20).



**Figura 20.** Porcentajes de cobertura de las cinco categorías estimadas a través de Líneas de Canfield, donde R1 = rocas tipo 1; R2 = rocas tipo 2; R3 = rocas tipo 3.

#### 7.3.1.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)

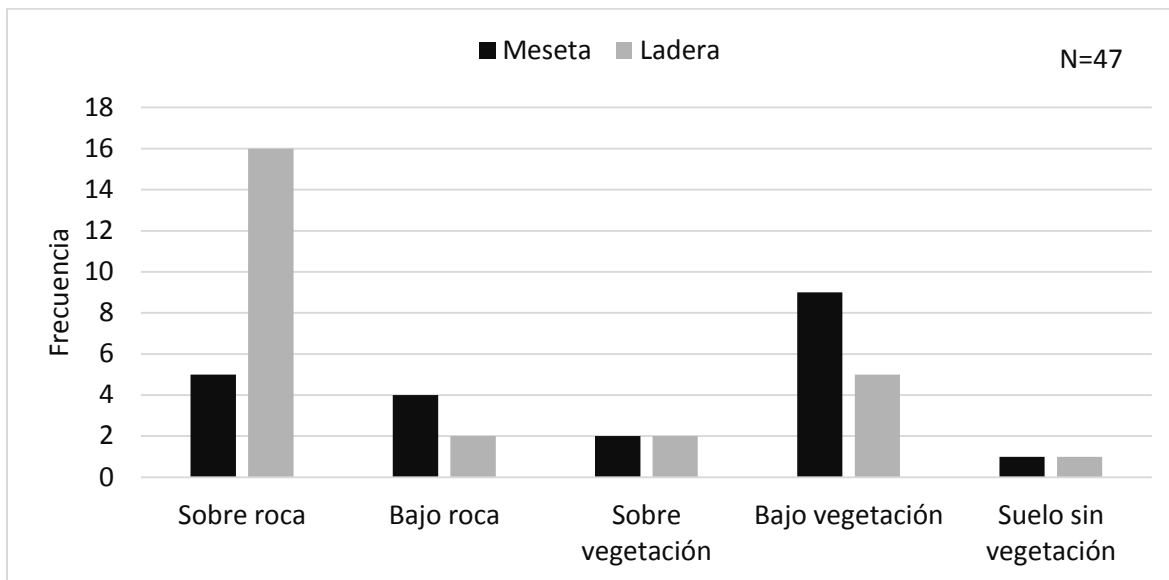
En relación con el IVI, *Encelia farinosa* fue la que obtuvo los valores más altos en los dos hábitats, con un valor de 124.5 en meseta y de 91.3 en laderas. De las especies que pueden encontrarse en ambos sitios, las menos representativas son *Lophocereus schottii* (9.2) en meseta y *Jatropha cuneata* (23.8) en ladera (Fig. 21).



**Figura 21.** Índice de valor de importancia de las especies en cada hábitat. EnFa: *Encelia farinosa*, DeFr: *Desmanthus fruticosus*, Mamm: *Mammilaria*, LoSc: *Lophocereus schottii*, JaCu: *Jatropha cuneata*, StTh: *Stenocereus thurberi*, StGu: *Stenocereus gummosus*, Sp: *Especie sin identificar*, BuMi: *Bursera microphylla*, CyMo: *Cylindropuntia molesta*, PaPr: *Pachycereus pringlei*, BuHi: *Bursera hindsiana*, AsAl: *Asclepias albicans*, CyAl: *Cylindropuntia alcahes*, CoVi: *Colubrina viridis*.

### 7.3.2 Preferencia de microhábitat

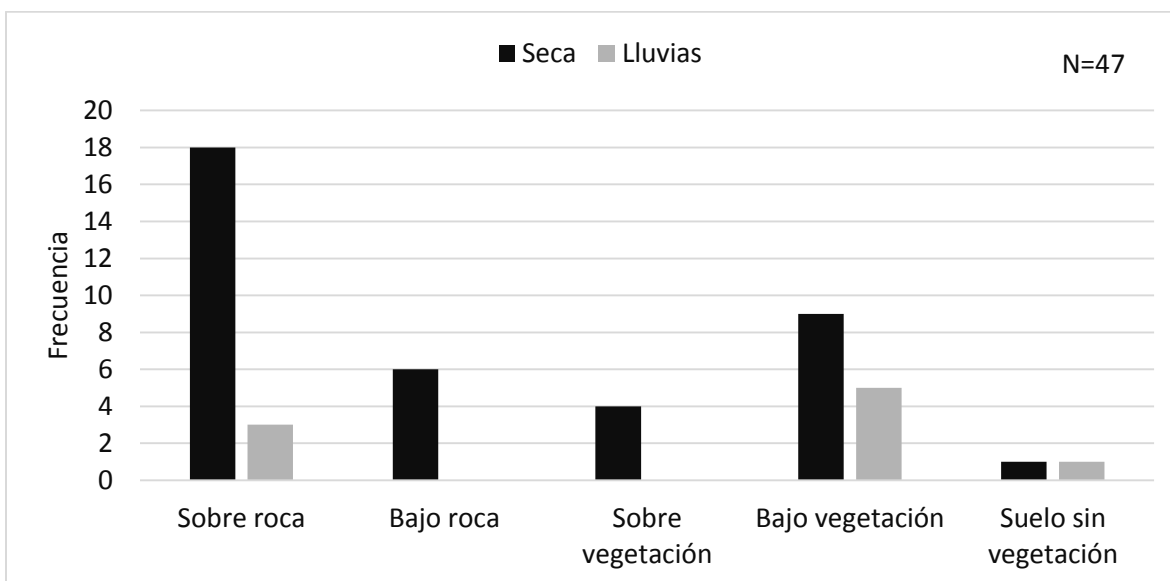
De las 47 serpientes encontradas, 21 se encontraron sobre rocas (16 en laderas y 5 en meseta), 6 fueron encontradas bajo rocas (2 en ladera y 4 en meseta), 4 sobre vegetación (2 en ladera y 2 en meseta), 14 bajo cobertura vegetal (5 en ladera y 9 en meseta) y 2 sobre suelo sin cobertura vegetal ni rocas (1 en ladera y 1 en meseta) (Fig. 22). En meseta el microhábitat bajo vegetación o bajo cobertura vegetal fue el más utilizado. Para las laderas se encontraron más serpientes sobre rocas, y para ambos hábitats, el menor número de serpientes encontradas estaban en áreas de suelo sin vegetación o sin cobertura vegetal.



**Figura 22.** Uso de cada tipo de microhábitat por hábitat (meseta o ladera).

Durante la temporada seca se encontró un mayor número de serpientes sobre rocas ( $n=18$ ), bajo rocas ( $n=6$ ), sobre vegetación ( $n=4$ ), bajo vegetación ( $n=9$ ), suelo sin vegetación ( $n=1$ ), que, en la temporada de lluvias, donde la mayor frecuencia fue en sitios bajo vegetación (Fig. 23). En general, en la temporada seca se encontraron más serpientes sobre rocas ( $n=18$ ) de las 38 encontradas (47.4%) y en temporada de lluvias se encontraron cinco de nueve individuos (55.6%) bajo vegetación. En ambas temporadas solo se encontró un individuo en suelo sin vegetación (Fig. 23).

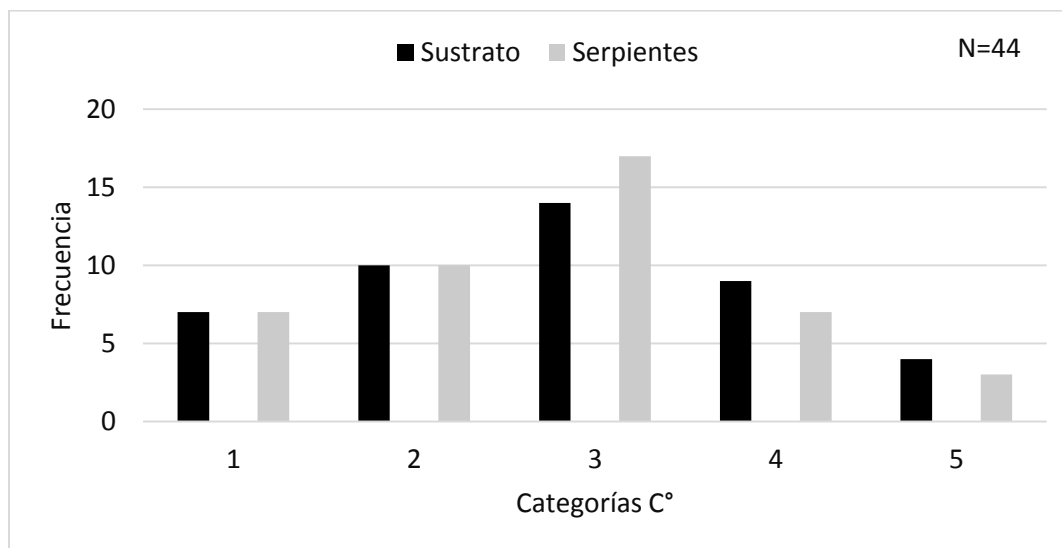




**Figura 23.** Uso del microhábitat por temporada.

### 7.3.3 Relación entre temperatura corporal de las serpientes y temperatura del sustrato

Los valores de temperatura registrados en las serpientes y el sustrato donde se encontraron fueron muy cercanos uno del otro, por lo cual se generaron cinco categorías que agrupan la temperatura de ambos. El rango de temperatura con mayor frecuencia de serpientes y sustrato fue el de la categoría tres (24.51-27.38 °C) con 17 y 14 veces respectivamente, mientras que las temperaturas mínimas (18.74-21.62 °C) y máximas (30.27-33.14 °C) tuvieron las menores frecuencias con siete y tres individuos respectivamente (Fig. 24).



**Figura 24.** Frecuencias de la temperatura corporal de serpientes y del sustrato en que se encontraban en cinco rangos de temperatura 1) 18.74-21.62 °C, 2) 21.63-24.50 °C, 3) 24.51-27.38 °C, 4) 27.39-30.26 °C y 5) 30.27-33.14 °C.

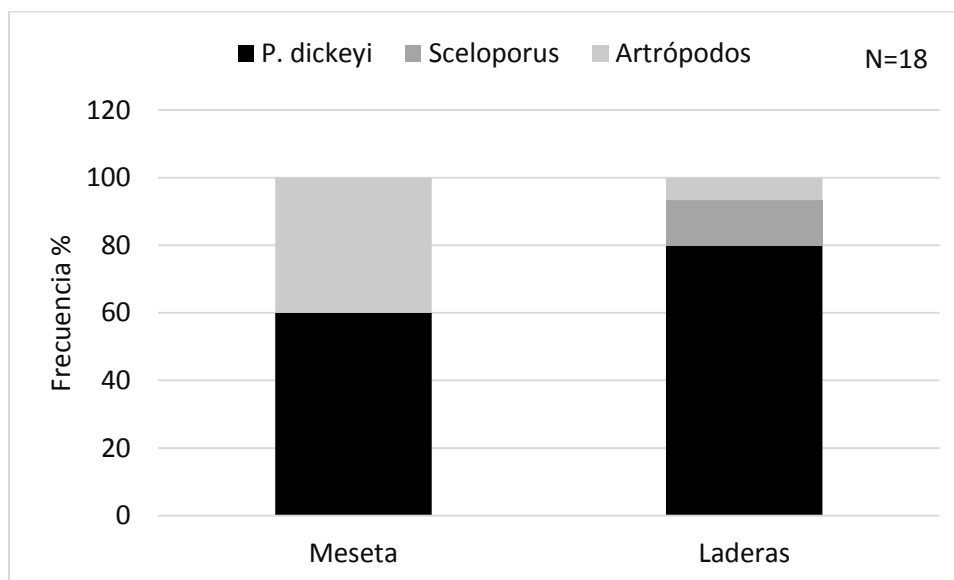
## 7.4 Dieta

### 7.4.1 Excretas

De las 47 serpientes capturadas se obtuvieron 19 excretas (40.4%) en todo el muestreo. Dieciocho correspondieron a la temporada seca y una a la de lluvias, por lo que solo se analizaron los datos de la temporada seca.

Los contenidos no digeridos encontrados en las 19 excretas fueron pelo, huesos y dientes del ratón de la Isla Tortuga (*Peromyscus dickeyi*), escamas y uñas de la lagartija *Sceloporus orcutti* y exoesqueleto de artrópodos de las familias *Gryllidae* y *Tenebrionidae*.

Durante la temporada seca, en las laderas se colectaron 13 excretas donde se encontró que las serpientes consumieron los tres tipos de presa con una mayor proporción de ratones (80%), seguido por la lagartija *Sceloporus orcutti* (13.3%) y los artrópodos (6.7%). En las excretas de las serpientes capturadas en la meseta (5 muestras) también se encontró, en mayor proporción, restos de *Peromyscus dickeyi* (60%), pero a diferencia de las laderas, aquí se encontró en segundo lugar la presencia de artrópodos (40%), sin la presencia de restos de la lagartija *S. orcutti* (Fig. 25).



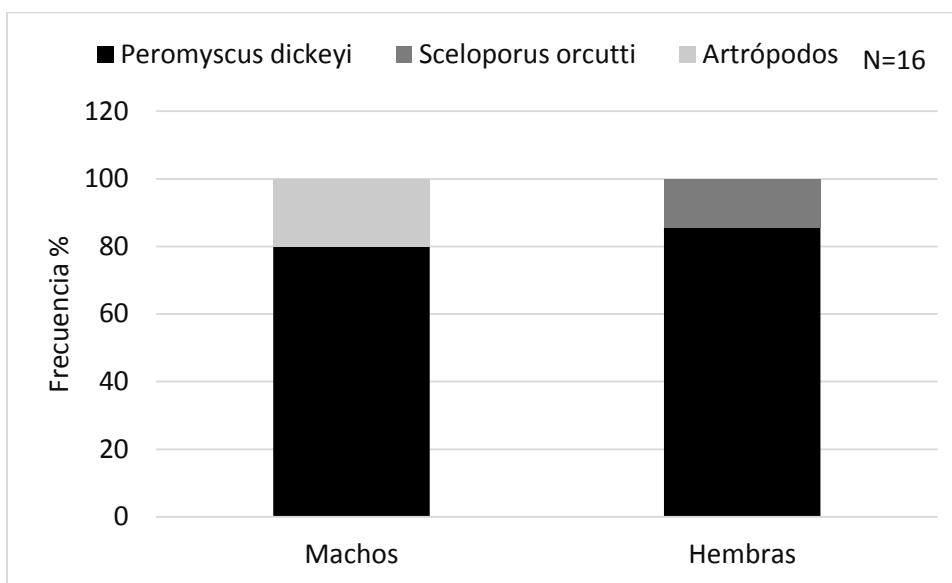
**Figura 25.** Dieta de *C. atrox* por sitio en temporada seca. Las barras muestran el porcentaje de frecuencia de cada resto de alimento encontrado en 18 serpientes. Tanto en laderas como en meseta la presa con mayor frecuencia fue *P. dickeyi*, seguido de artrópodos (escarabajos y grillos). En meseta no se encontró consumo de *S. orcutti*.

Para conocer si existía una diferencia entre el consumo de cada presa entre sitios, (por ejemplo, la diferencia del consumo de *P. dickeyi* en meseta y laderas), se utilizó el análisis de  $\chi^2$  ( $\chi^2=3.64$ ,  $gl=2$ ,  $P > 0.05$ ), la cual indicó que no existe diferencia.

#### 7.4.2 Comparación de dieta entre sexos

De las 18 serpientes que se les extrajo excreta en temporada seca, se determinó el sexo de 16 de ellas (88.9%), entre las que se encuentran 10 machos y seis hembras. En ocho excretas de machos se encontraron restos de *P. dickeyi*, en las dos excretas restantes se observaron partes de artrópodos. En las seis excretas procedentes de hembras, se observaron restos de *S. orcutti* en una de ellas (14.3%) y en el resto la presencia de *P. dickeyi* (85.7%) (Fig. 26).

No se encontró diferencia estadísticamente significativa en el consumo de las tres presas: *Peromyscus* vs *Sceloporus* ( $\chi^2=0.87$ ,  $gl=1$ ,  $P > 0.05$ ), *Peromyscus* vs artrópodos ( $\chi^2=2.98$ ,  $gl=1$ ,  $P > 0.05$ ) y *Sceloporus* vs artrópodos ( $\chi^2=3.44$ ,  $gl=1$ ,  $P > 0.05$ ), ni en la composición de la dieta de machos y hembras ( $\chi^2=3.04$ ,  $gl=1$ ,  $P > 0.05$ ). En ambos sexos la presa más consumida fue *P. dickeyi*. En machos no se encontró consumo de *S. orcutti* y en hembras no se registró evidencia de consumo de artrópodos (Fig. 26). En la temporada de lluvias solo se pudo obtener una muestra de excreta perteneciente a un macho, en la cual se encontraron escamas de *S. orcutti* y de artrópodos.



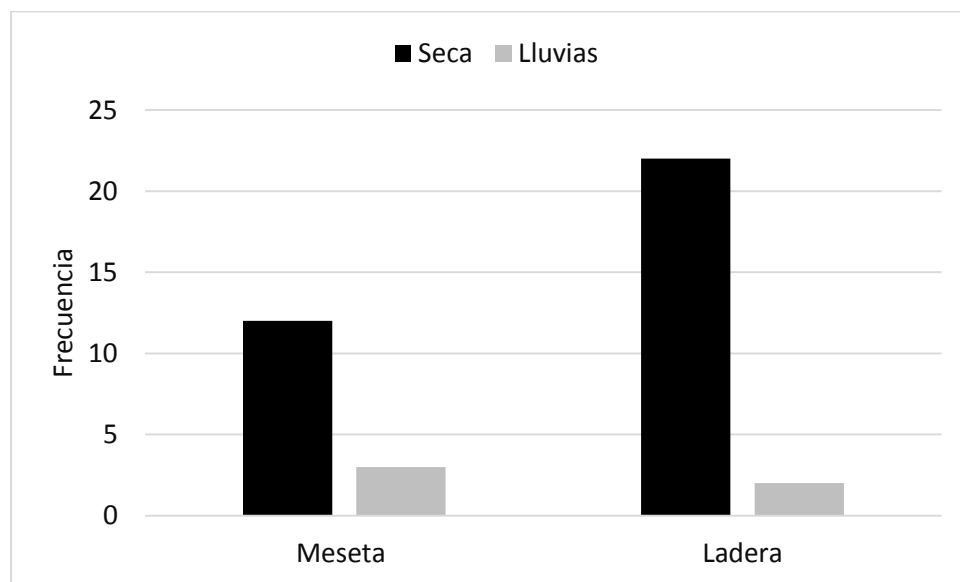
**Figura 26.** Porcentaje de la dieta de machos y hembras durante la temporada seca. Las barras muestran el porcentaje de frecuencia de cada *item* encontrado en machos ( $n=10$ ) y hembras ( $n=6$ ).

## 7.5 Disponibilidad de presas

### 7.5.1 Lagartijas

Se registró un total de 39 lagartijas donde se incluyen las dos especies de la isla, *Uta stansburiana* y *Sceloporus orcutti*, las cuales se encontraron en distinta cantidad para cada sitio y temporada. La frecuencia entre temporadas fue distinta, en temporada seca se registraron 34 individuos y en temporada de lluvias solo cinco. En la temporada seca se observaron 12 lagartijas en meseta y 22 en laderas, mientras que en lluvias en la meseta se registraron tres individuos y para las laderas dos lagartijas (Fig. 27).

La cantidad de lagartijas observadas en temporada seca fue más alta en ambos sitios en comparación a la temporada de lluvias. Pero al realizar comparaciones de frecuencia entre sitios y temporadas, los análisis indicaron que no existían diferencias significativas (sitios:  $\chi^2 = 1.12$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ; temporadas:  $\chi^2 = 1.12$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).



**Figura 27.** Frecuencia de lagartijas por hábitat y durante temporada de secas y lluvias.

### 7.5.2 Ratones

Durante los tres muestreos se colocaron un total de 350 trampas, en las que se capturaron 38 ratones, teniendo un éxito de captura o abundancia del 10.85, lo que mostró que la población de roedores en la isla es rara (Tabla 7).



**Figura 28.** Ratón de campo endémico de la Isla Tortuga (*Peromyscus dickeyi*), (tomado de Arnaud *et al.*, 2019).

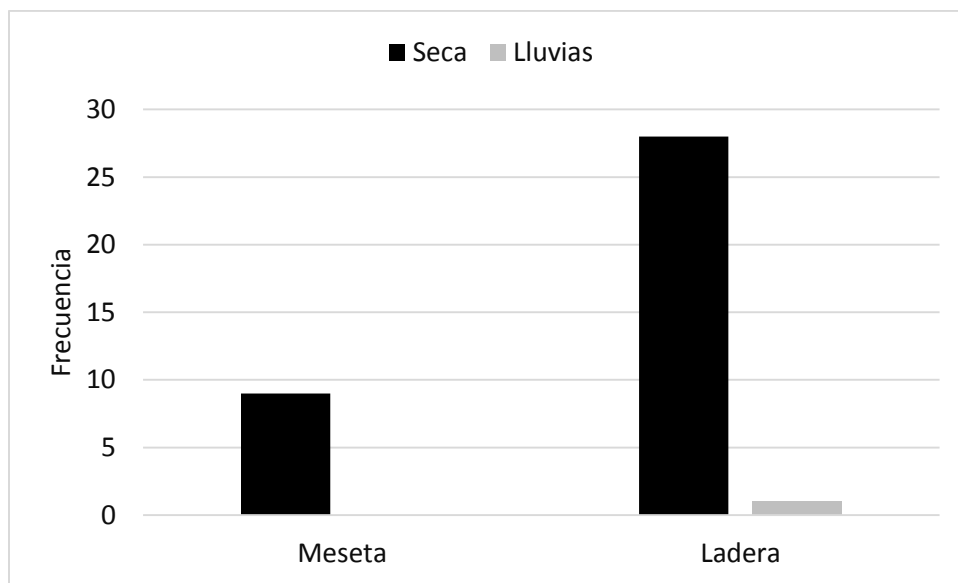
Durante los dos muestreos de la temporada seca se utilizaron 200 trampas/noche (50 en la meseta y 150 en laderas), donde se capturaron 37 ratones (nueve en la meseta y 28 en las laderas), con un éxito de captura similar en ambas. La abundancia de roedores en esta temporada del año fue de 18.5%, lo que implicó que en esta temporada la población de roedores es rara (Tabla 7, Fig. 29).

Durante el muestreo de la temporada de lluvias se utilizaron 100 trampas/noche (50 en meseta y 50 en ladera), en donde se capturó a un roedor en la ladera, con un éxito de captura de 1%, lo que implicó que en esta temporada la población de roedores es rara, más aún que en la temporada seca (Tabla 7, Fig. 29).

No se encontró diferencias significativas en la abundancia entre sitios ni entre temporadas (sitios:  $X^2 = 0.32$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ; temporadas:  $X^2 = 0.32$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).

**Tabla 7.** Esfuerzo de muestreo de ratones por sitio en cada temporada.

Temporada	Seca		Lluvias de verano		
Sitio	Meseta	Ladera	Meseta	Ladera	Total
Cantidad de trampas	50	150	50	50	350
Ratones capturados	9	28	0	1	38
Abundancia (%)	18	19	0	0.02	10.85

**Figura 29.** Frecuencia de ratones capturados por hábitat y por temporada.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Características corporales

#### 8.1.1 Longitud y dimorfismo sexual

En el análisis de longitud hocico-cloaca para identificar si existía dimorfismo sexual entre machos y hembras, se evidenció que los machos alcanzan tallas mayores de acuerdo con el índice de Gibbons y Lovich, en cambio con la prueba de U de Mann Whitney se mostró que no había diferencia de longitud entre sexos, para tener un resultado más conciso probablemente se requiera de muestras más grandes de la población ya que en este estudio sólo se analizaron los datos de 26 machos y 16 hembras. Por otra parte, en el análisis de la longitud de cola, sí se observó una diferencia entre sexos ( $U= 44$ ,  $Z= -4.25$ ,  $p < 0.05$ ), pues la mayoría de las hembras (11 de 16) entraron en la categoría de las medidas más cortas que van de 4.2 cm a 4.9 cm, mientras que 10 de 26 machos estuvieron en el rango de 5.6 cm a 6.2 cm y cinco de estos 26 machos, alcanzaron el rango de 6.9 cm a 7.6 cm. En este sentido se muestra que existe un dimorfismo sexual en relación con el tamaño de la cola (LCC), donde los machos alcanzan longitudes más largas de acuerdo con el índice de Gibbons y Lovich (-0.28). Este dimorfismo sexual ya había sido reportado para *C. atrox* en Arizona y otras regiones de Estados Unidos; al igual que en otras serpientes de cascabel como *C. catalinensis* de la Isla Catalana y *C. polystictus* en Toluca, estado de México (Boyer, 1957; Taylor y Denardo, 2005; Martins *et al.*, 2012; Meik *et al.*, 2012), por lo tanto podemos decir que la población de Isla Tortuga cumple con esta característica común presente en el grupo de las serpientes de cascabel, esto podría deberse principalmente por el espacio que se requiere para los sacos de los hemipenes de los machos, el cual no requieren las hembras y por eso sus colas son más cortas.

La cascabel de diamantes *Crotalus atrox*, es una de las especies de víbora de cascabel más grandes de México (SEMARNAT, 2018), en el noroeste del país su LHC es de 170 cm (Grismer, 2002), sin embargo en la Isla Tortuga los registros que existen de su longitud total no muestran grandes tallas, los machos alcanzan hasta 105.8 cm y 88.1 cm las hembras (Klauber, 1972; Beaman y Spencer, 2004; Campbell y Lamar, 2004; Ernst y Ernst, 2011), lo que es similar a los individuos de mayor talla registrados en este estudio (107.1 cm para los machos y 90.2 cm para las hembras). Su LHC es similar a la de otras especies insulares del Golfo de California como la cascabel de Isla San Lorenzo *C. lorenzoensis* (LHC de 81 cm); la cascabel de Isla Catalana *C.*

*catalinensis* (68 cm); la de Isla San Esteban *C. estebanensis* (91 cm), pero diferente de la cascabel de Isla Angel de la Guarda *C. angelensis* con 141 cm, (Grismer, 2002).

En general, en *C. atrox*, los machos y hembras adultas tienen tamaños corporales más grandes en latitudes más altas (Spencer, 2008), lo que muestra que sigue la regla de Bergmann (los animales que viven en zonas frías son de tamaño más grande que los que habitan en zonas cálidas, debido a que, en proporción, entre más grande es un animal, menor relación superficie/volumen corporal tiene para perder calor) (Bergmann, 1848), esto también fue encontrado en *C. viridis* (Ashton, 2001).

### **8.1.2 Condición corporal**

La condición corporal de las serpientes puede ser evaluada de acuerdo con grado de grasa corporal presente en un individuo (Hadley, 1985). Esta grasa puede fluctuar estacionalmente después de consumir alimento o bien disminuir cuando el gasto de energía excede al consumo, como ocurre durante períodos de ayuno y/o reproducción (O’connor, 1995). En este estudio la condición corporal varió durante las temporadas de secas y de lluvia. En la temporada seca el mayor número de individuos presentó una condición corporal de categoría 4, que es saludable, donde la cresta de la vértebra no es evidente y existe la presencia de una masa muscular prominente (Gimmel *et al.*, 2021), lo cual puede ser el resultado del consumo de alimento disponible y que la temperatura ambiental no ha alcanzado su punto máximo (Arnaud *et al.*, 2019a), mientras que en la temporada de lluvias las serpientes presentaron una condición corporal que varió en categoría de la 3 a la 1. En este período de lluvias de verano se presentan las altas temperaturas ambientales (Arnaud *et al.*, 2019a) con una escasez de presas (roedores) según los resultados de este estudio, lo cual pudo ser la razón de que las serpientes bajaran de categoría de condición corporal.

En la temporada seca la condición corporal mostró una correspondencia respecto a la elasticidad de la piel que fue buena, en cambio durante la temporada de lluvias, la cantidad de individuos con buena elasticidad decayó, aumentando la cantidad de individuos con mala elasticidad, lo que corresponde, como ya se mencionó, a la temporada de las mayores



temperaturas ambientales en la isla, que propician pérdida de humedad del cuerpo, tendiendo los animales a cierto grado de deshidratación.

## **8.2 Abundancia**

A excepción del fondo del cono volcánico de la isla, donde se ha reportado que *C. atrox* no se distribuye (Grismer, 2002; Ernst y Ernst, 2011), las serpientes se encuentran en la mayor parte de la isla.

La serpiente de Isla Tortuga es reconocida como muy abundante, pues se han reportado avistamientos de 20, 26 y hasta 31 individuos respectivamente, en unas pocas horas de búsqueda nocturna (Klauber, 1972; Grismer, 2002; Ernst y Ernst, 2011; Arnaud *et al.*, 2019a). En este estudio, la cantidad más alta de individuos encontrados en una noche de abril de 2022 fue de 13 serpientes, no se conocen las condiciones de la isla y de los muestreos previos que puedan indicar a qué se debe esta diferencia en la cantidad de observaciones, pero puede deberse a un esfuerzo menor de muestreo, o que los sitios muestreados no fueron los mismos a los que se muestrearon en años anteriores, o en el peor de los casos, que haya una reducción de la población.

El número de serpientes encontradas en los dos hábitats durante este estudio fue proporcional al tiempo utilizado en su búsqueda, de tal manera que 19 individuos fueron encontrados en el hábitat de meseta y 28 en laderas, en 7.96 y 24.58 horas de búsqueda respectivamente. El esfuerzo de muestreo para los sitios seleccionados no fue el mismo, ya que las laderas ocupan la mayor parte de la isla (Van Denburgh y Slevin, 1921), por lo tanto, se realizó un mayor esfuerzo de muestreo en estas zonas, lo cual pudo influir en la cantidad de individuos observados en cada zona, sin embargo, los análisis de abundancia nos muestran que en la meseta exhibe una abundancia mayor que las laderas, esto puede deberse a las características del hábitat que posee la meseta, que al haber menos rocas donde ocultarse, era más fácil observarlas.

Los períodos de muestreo por temporadas tampoco fueron iguales, ya que durante la temporada de lluvias de verano las condiciones climáticas no fueron las adecuadas para visitar

la isla, debido a que el viento y el oleaje hacían peligroso el desembarco, porque las playas son rocosas (Arnaud *et al.*, 2019a).

La mayor abundancia de serpientes durante la temporada de secas en la isla contrasta con lo reportado para *C. catalinensis* en la Isla Catalana (Ávila Villegas, 2005) y *C. ruber lucasensis* de la península de Baja California (Pozas Ocampo, 2019), que fueron más abundantes durante el período de lluvias de verano (julio-octubre), aunque en este estudio solo se realizó una visita en temporada de lluvias de verano, por lo que se requiere hacer más visitas a la isla para corroborar esta información.

La mayor abundancia de machos con respecto a las hembras particularmente en la temporada de secas puede indicar una diferenciación en la utilización de recursos como ya ha sido reportado en otras especies de serpientes (Fitch y Shirer, 1971; Reinert, 1984; Shine, 1986). También tiene relación con que los machos tienen mayores desplazamientos que las hembras, como lo reportó Murillo Quero (2009) en *C. ruber lucasensis* en la península de Baja California.

La abundancia de las serpientes en los dos hábitats parece estar en estrecha relación con la cobertura vegetal, ya que, en la meseta, donde se observó un mayor número de individuos, el 44% de la superficie estaba compuesto por cobertura vegetal, mientras que en las laderas la cobertura vegetal era más escasa (6.4%). En ambos sitios la planta *Encelia farinosa* fue la más abundante, proporcionado refugio a las serpientes contra las altas temperaturas del día. Probablemente la serpiente permanezca activa durante todo el año, dependiendo del clima y ser más activa entre marzo y octubre (Grismer, 2002). El patrón de actividad puede variar durante el año, siendo posible observarla durante el día y la noche en primavera (Grismer, 2002), esto se logró observar durante abril, al encontrar cuatro serpientes durante el día, pero en verano, cuando las temperaturas ambientales y de las rocas son altas, solo se ubicaron durante la noche.

### **8.3 Uso de microhábitat**

El uso de hábitat es la manera en que un animal elige una serie de factores físicos y biológicos en el espacio en donde se distribuye. En el caso de las serpientes es importante conocer sus

requerimientos ecológicos para poder así proponer estrategias de manejo y conservación (Fernández Badillo, 2022). Por lo tanto, el sitio seleccionado por una serpiente en la Isla Tortuga durante el presente estudio, presentó las condiciones de microhábitat adecuadas para ella. En las laderas prefirieron estar sobre rocas (61.5%), mientras que en la meseta se les encontraba mayormente bajo la vegetación (42.9%), lo cual está relacionado con la cobertura en cada sitio. Tanto la cobertura vegetal como las rocas fueron utilizadas como refugio porque proporcionan temperaturas que les permiten a la serpiente modular su temperatura corporal; Huey et al. (1989) mencionan que las serpientes bajo las rocas mantienen su temperatura corporal en rangos preferenciales por más tiempo de lo que sería posible en la superficie.

En una población de *C. atrox* en la Barranca de Metztitlán en el estado de Hidalgo, también se observaron preferencias de las serpientes por sitios donde la cobertura rocosa era del 46.94%, 23.38% de suelo sin rocas y sin cobertura vegetal y 29.02% de cobertura vegetal (Fernández Badillo, 2022). Otras especies como *C. enyo* y *C. ruber* también han sido observadas en zonas arbustivas y rocosas (Samaniego-Herrera et al., 2007), mientras que *C. ruber lucasensis* fue más común sobre rocas entre la maleza espesa y en los afloramientos rocosos (Armstrong y Murphy, 1979), así como *C. mitchellii* y *C. klauberi* que se le ha observado principalmente en afloramientos rocosos (Glaudas y Rodríguez-Robles, 2011; Urquidi y Putman, 2021), mientras que *C. oreganus helleri* el 85% fueron observadas en matorrales (Urquidi y Putman, 2021).

Como parte del uso de la vegetación por *C. atrox* en la isla, se observó que presentaba arborealidad, es decir, el subir y permanecer en las ramas de los arbustos (el 8.5% de todas las serpientes observadas). Del total de individuos encontrados sobre la vegetación, se observaron dos en la zona de laderas y dos en la meseta, todos adultos. Este comportamiento ha sido descrito en *C. catalinensis*, *C. horridus*, *C. molossus*, *C. oreganus helleri* y *C. ruber* (Klauber, 1972; Campbell y Lamar, 1989; Grismer, 1999, 2002; Beaman et al., 2001; Ávila Villegas, 2005; Martins et al., 2008; Urquidi y Putman, 2021) En la Isla Catalana *C. catalinensis* se observó sobre los arbustos en un 9.8% (Ávila Villegas, 2005), mientras que *C. oreganus helleri* el 25% presentaron este comportamiento y un 6% de los adultos (Urquidi y Putman, 2021). Avila Villegas et al., (2007) proponen que este comportamiento arborícola tiene relación con la búsqueda de alimento, en la Isla Catalana la presa principal de *C. catalinensis* es el ratón *Peromyscus slevini*,

que sube frecuentemente a los arbustos. En la Isla Tortuga, el ratón *Peromyscus dickeyi* también fue observado sobre los arbustos y también es la principal dieta de la serpiente. En este contexto, el tipo de alimentación y la disponibilidad de presas pueden influir en la preferencia de microhábitat por las serpientes. Por otro lado, la posibilidad por la cual se elige estar sobre la vegetación, se debe a la necesidad de termorregular, Ávila Villegas, (2005) sugiere que las serpientes suben a los arbustos para evitar el suelo caliente, esto coincide con que la captura de los cuatro individuos encontrados sobre vegetación fue durante la temporada seca en el mes de junio donde la temperatura sube alcanzando los valores más elevados en julio y agosto (Arnaud *et al.*, 2019a), meses en los cuales no se muestreo la isla pero de ser cierta esta suposición (la cual no está completamente comprobada), es probable que se encuentren más individuos sobre la vegetación durante estos meses.

#### **8.4 Temperatura corporal**

El rango de temperatura corporal de *C. atrox* en la Isla Tortuga fue de 18.9 °C a 33.3 °C, con un promedio de 25.6 °C, siendo la temperatura del sustrato muy similar a la de las serpientes, con un rango de 18.7 °C a 33.1 °C y con un promedio de 25.7 °C; el rango de entre los 24.5 °C a 27.4 °C, fue donde se presentó el mayor número de individuos, por lo que se asume que es la temperatura preferida por las serpientes en la isla durante el periodo de muestreo.

En otra población de *C. atrox* en el estado de Hidalgo, el rango térmico de la temperatura corporal fue más amplio, entre 8.9 a 41.8 °C y con temperatura de sustrato de 8.2 a 49.7 °C, con un promedio de 24.5 °C de temperatura corporal y de 24.77 °C del sustrato. Dichos rangos se atribuyen a la disminución de la temperatura ambiental durante el invierno, en el cual son menos activas las serpientes (Fernández Badillo, 2022), para conocer si la población de Isla Tortuga tiene una mayor amplitud en el rango de temperaturas donde se encuentra activa, sería necesario visitar la isla en otros meses donde las temperaturas son más bajas que en el periodo muestreado.

La temperatura corporal de *C. atrox* en Isla Tortuga, fue muy similar a la de *C. catalinensis* (25.9 °C) en la Isla Catalana (Arnaud *et al.*, 2019b) y a la de *C. lepidus* en Arizona (25.2 °C) (McCrystal *et al.*, 1996), y muy próxima a la de *C. lepidus morulus* (24 °C) (Bryson *et al.*, 2008), *C. l.*

*maculosus* (26 °C) y *C. triseriatus* (26.2 °C) en México (Lemos-Espinal *et al.*, 1997) y *C. pricei pricei* (26.1 °C) en Arizona (Prival *et al.*, 2002).

### 8.5 Dieta

Para el análisis de la dieta se obtuvieron excretas de 19 individuos de las 47 serpientes capturadas. De las 28 serpientes que no fue posible obtener excretas, es probable que se haya debido a que al encontrarlas se encontraban en proceso de caza. Los resultados del análisis mostraron que el principal componente de la dieta de *C. atrox* (=tortugensis) es el ratón *Peromyscus dickeyi*, con el 60% en serpientes capturadas en la meseta y 80% en ladera, siendo el consumo de artrópodos, con un 40% en meseta y 6.7% en laderas, los que ocuparon el segundo lugar, seguido por la lagartija espinosa *Sceloporus orcutti* con un 13.3%. El mayor consumo de roedores también fue reportado en Isla Tortuga por (Arnaud, 2015), tras el análisis de 55 excretas entre 2010 y 2012, donde *P. dickeyi* constituyó el 62% de la dieta. Pero a diferencia de nuestro estudio, el segundo lugar en frecuencia de ocurrencia fue la lagartija de costado manchado *Uta stansburiana* con un 20%, y hasta el tercer sitio se encontró la lagartija espinosa con un 12%. En dicho estudio se encontró la presencia de aves (6%) lo cual difiere de este trabajo, donde no se encontraron, además de la presencia de artrópodos que en el estudio de (Arnaud, 2015) no se encontraron.

Los resultados de nuestro estudio y el de (Arnaud, 2015), muestran que la dieta puede variar a través del tiempo adaptándose a la disponibilidad de recursos, lo que le puede ayudar a conseguir los nutrientes necesarios a través de distintas presas.

En Estados Unidos se ha reportado que las presas de *C. atrox* son muy variadas, incluyendo anfibios, lagartijas, aves y principalmente pequeños mamíferos, siendo los roedores su principal alimento (Klauber, 1972; Beavers, 1976; Werler y Dixon, 2010), pero sin hacer referencia a la presencia de artrópodos.

Se ha argumentado que la presencia de algunos *ítems* alimenticios es debido a los cambios ontológicos de las serpientes (Avila Villegas *et al.*, 2007), por lo que se supondría que los artrópodos fueran parte de la dieta de los juveniles en el crotálido de la Isla Tortuga, lo cual es

una posibilidad, sin embargo, en las excretas de dos ejemplares adultos con tallas de 107.1 cm y otro de 80.1 cm de longitud, se identificaron restos de la familia Gryllidae, y en un ejemplar de 76.2 cm se encontraron restos de escarabajos de la familia Tenebrionidae, lo que demuestra que en esta población los individuos pueden continuar alimentándose de presas pequeñas aun siendo adultos. Aunque se podría suponer que estos insectos son el alimento de las lagartijas ingeridas por las serpientes, solo en una de ellas se encontraron mezclados restos de *S. orcutti* y artrópodos, pero en las otras dos serpientes únicamente se encontraron insectos, lo que indica que son parte de la propia dieta de las serpientes.

En el presente estudio no fue posible realizar una comparación de la dieta entre las dos temporadas de muestreo (secas y lluvias), debido a que en la temporada de lluvias solo se pudo coleccionar una excreta, la cual corresponde al adulto que ingirió *S. orcutti* y artrópodos.

## **8.6 Disponibilidad de presas**

### **8.6.1 Lagartijas**

La presencia de lagartijas fue más evidente durante la temporada seca que en la de lluvias, debido a que no había herbáceas anuales presentes y eran detectables con mayor facilidad. Por lo tanto, la diferencia de lagartijas observadas en ambos períodos puede ser atribuido a factores inherentes a la estacionalidad, tales como las precipitaciones que inciden directamente en la productividad primaria (Rodríguez-Moreno *et al.*, 2007). Con base a lo anterior, era de esperarse un mayor número de observaciones de lagartijas durante el muestro de la temporada de lluvias, sin embargo, esto no ocurrió, debido a que la estructura del hábitat dificultó las observaciones de lagartijas, con lo cual, los escasos datos obtenidos durante la temporada de lluvias no son un reflejo real de la población de lagartijas en la isla. Respecto al número de lagartijas observadas en los dos hábitats durante la temporada seca, se observó un mayor número en la ladera, dado que la cobertura vegetal es menor que en la meseta, lo cual apoya lo referente a que la estructura del hábitat dificultó los registros de lagartijas.

### **8.6.2 Roedores**

La abundancia relativa de roedores fue mayor durante la temporada seca, mientras que en la temporada de lluvias solo se capturó un ratón. Estas diferencias corresponden a fluctuaciones

poblacionales que ocurren a través del tiempo, ya sea durante el transcurso de un año o a través de varios años (Rodríguez-Moreno *et al.*, 2007). En seis islas del Golfo de California, entre 1998 y 2008, se observaron variaciones en las densidades de roedores residentes, sin que existiera un patrón homogéneo en los meses en los que ocurrieron las mayores o menores densidades (Arnaud *et al.*, 2008).

## 9. CONCLUSIONES

Al estimar la abundancia de cada sitio, se obtuvo el valor más alto en meseta. En la temporada seca se registraron más capturas resultando en un índice de abundancia mayor que en la temporada de lluvias de verano. La diferencia de abundancia entre sitios y entre temporadas fue significativa. La serpiente de Isla Tortuga es más abundante en zona de meseta que en la de laderas y es más probable observarla en temporada seca. Respecto a la abundancia de sexos no se encontraron diferencias significativas.

El uso de microhábitat varió en relación con la disponibilidad de recursos, las líneas de Canfield indicaron mayor proporción de vegetación en la meseta, donde se registró el uso de la vegetación (bajo vegetación) con el porcentaje más alto. Del mismo modo, en las laderas predominan las rocas, las cuales fueron el microhábitat (sobre roca) frecuentado por las serpientes.

El rango de temperatura corporal de *C. atrox* en la Isla Tortuga fue de 18.9 °C a 33.3 °C, con un promedio de 25.6 °C, la cual se mantiene cerca de la temperatura del sustrato en el que se encontraron, sugiriendo que las temperaturas preferidas están entre 24.51-27.38 °C.

El alimento principal de esta especie es el ratón *Peromyscus dickeyi*, seguido de la lagartija *S. orcutti* y de algunas familias de artrópodos. La abundancia de serpientes coincidió con la disponibilidad de alimento en cada temporada. Durante la temporada seca se observó una mayor cantidad de serpientes al igual que de sus presas, mientras que en la temporada de lluvias disminuyó la actividad de ambas poblaciones.

El comportamiento ontológico de alimentación que se ha reportado en otras poblaciones, no se pudo observar en esta especie ya que todos los ejemplares fueron adultos y algunos de ellos se alimentaron únicamente de artrópodos.

La abundancia de *Crotalus atrox* (= *tortugensis*) se debe a su adaptación a la isla ampliando su dieta al consumir artrópodos además de su alimento principal que son los roedores.



Es necesario realizar investigaciones con un muestreo más extenso y equitativo a lo largo del año para comprender mejor la ecología de *C. atrox* (= *tortugensis*).

Se sugiere cuidar la población de ratones y lagartijas, evitando la contaminación de la isla. Colocar letreros, especialmente en la temporada de mayor abundancia, para evitar que la gente desembarque y ocurra algún accidente ofídico.

Se recomienda realizar programas de educación ambiental donde se comparta esta información.

## 10. LITERATURA CITADA

- Armstrong, B. L. y Murphy, J. B. (1979). *The natural history of mexican rattlesnakes*. University of Kansas. Museum of Natural History Publications, pp. 1-88.
- Arnaud, G. (2015). Conservación de la serpiente de cascabel sin cascabel *Crotalus catalinensis*, de la Isla Santa Catalina, Golfo de California. *Recursos Naturales y Sociedad*, 1: 51-61. Doi: 10.18846/RENAYSOC.2015.01.01.01.0005
- Arnaud, G., Carbajal-Márquez, R. A., Rodríguez-Canseco, J. y Ferreyra, E. (2014). Primeros registros de la cascabel roja (*Crotalus ruber*) en la Isla Coronados, Golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1): 322-324. Doi: 10.7550/rmb.40435
- Arnaud, G., Lazcano, D. y Wilson, L. D. (2019a). Notes on the herpetofauna of northwestern Mexico 2: Tortuga Island, Gulf of California, Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 54(7): 137-141.
- Arnaud, G., Sandoval, S., Escobar-Flores, J. G., Escobar-Flores, J. G., Gomez-Muñoz, V. M. y Buguete, J. L. (2019b). Thermal ecology of the Rattlesnake *Crotalus catalinensis* from Santa Catalina Island, Gulf of California. *Acta Universitaria*, 28(6): 39-46. Doi: 10.15174/au.2018.1667
- Arnaud, G., Sawaya, R. J. y Martins, M. (2023). Diversity, endemism, and biogeography. *Islands and snakes: Diversity and Conservation*. Oxford University Press, New York, pp. 135-156
- Arnaud, G., Torres-García, F., Escamilla-Treviño, A. y Rodríguez-Moreno, A. (2008). Estado de conservación de roedores de seis islas del Golfo de California. En: *Estudios de las Islas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Sinaloa-Gobierno del Estado de Sinaloa-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 175-182.
- Arroyo Galván, C. y Serra Ortiz, M. A. (2015). Distribución actual y potencial de *Ferocactus histrix* en el ejido San Pedro Piedra Gorda, municipio de Ciudad Cuauhtémoc, Zacatecas. En: *Acciones para fortalecer el desarrollo sustentable en zonas áridas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Durango México, pp. 271-279.
- Ashton, K. G. (2001). Body size variation among mainland populations of the western rattlesnake (*Crotalus viridis*). *Evolution*, 55(12): 2523-2533. Disponible en: <http://wrcc.sage.dri.edu/>
- Ávila Villegas, H. (2017). *Serpiente de cascabel: Entre el peligro y la conservación*. 1ra. ed. CONABIO, México.
- Ávila Villegas, H. (2005). *Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina Crotalus catalinensis, Golfo de California, México*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México.
- Ávila Villegas, H., Martins, M. y Arnaud, G. (2007). Feeding ecology of the endemic rattleless rattlesnake, *Crotalus catalinensis*, of Santa Catalina Island, Gulf of California, Mexico. *Copeia*, (1): 80-84.
- Baird, S. F. y Girard, C. F. (1853). *Catalogue of North American reptiles in the Museum of the Smithsonian Institution: Part I, Serpents*. Smithsonian Miscellaneous Collections, 2(5): iii-172.
- Batiza, R. (1978). Geology, petrology, and geochemistry of Isla Tortuga, a recently formed tholeiitic island in the Gulf of California. *Geological Society of America Bulletin*, 89(9): 1309-1324. Doi: 10.1130/0016-7606(1978)89<1309:GPAGOI>2.0.CO;2

- Beaman, K. R. y Spencer, C. L. (2004). *Crotalus tortugensis*. *Catalogue of American amphibians and Reptiles (CAAR)*. (798): 1-5.
- Beaman, K. R., Wong, N. (2001). *Crotalus catalinensis*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR)*. (733): 1-4.
- Beavers, R. A. (1976). Food habits of the western diamondback rattlesnake, *Crotalus atrox*, in Texas (Viperidae). *The Southwestern Naturalist*, 20(4): 503. Doi: 10.2307/3669867
- Bergmann, C. (1848). Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht. Göttinger studien, 116.
- Bonnet, X., Pearson, D., Ladyman, M., Lourdis, O. y Bradshaw, D. (2002). 'Heaven' for serpents? A mark-recapture study of tiger snakes (*Notechis scutatus*) on Carnac Island, western Australia. *Austral Ecology*, 27(4): 442-450.
- Boyer, D. R. (1957). Sexual dimorphism in a population of the western diamond-backed rattlesnake. *Herpetologica*, 13(3): 213-217. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3890419>.
- Bryson, R. W., Nieto-Montes de Oca, A. y Reyes Velasco, J. (2008). Phylogenetic position of *Porthidium Hespere* (Viperidae: Crotalinae) and phylogeography of arid-adapted hognosed pitvipers based on mitochondrial DNA. *Copeia*, (1): 172-178. Doi: 10.1643/CH-07-043
- Cabrera Santiago, H. (2005). *Nivel de endemismo de Peromyscus sp. (Rodentia: Muridae) en islas cercanas a Guaymas, Sonora, México*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur.
- Campbell, J. A. y Lamar, W. W. (2004). *The venomous reptiles of the western hemisphere, vol II*. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Campbell, J. A. y Lamar, W. W. (1989). *The venomous reptiles of Latin America*. Comstock Publishing Co., Ithaca, New York USA.
- Campo, A. M. y Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 34(2): 25-42. Doi: 10.5209/rev\_AGUC. 2014. v34.n2.47071
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line Interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4): 388-394. Doi: 10.1093/JOF/39.4.388
- Carreño, A. L. y Helenes, J. (2002). Geology and ages of the islands. En: *A new island biogeography in the Sea of Cortés*. Oxford University Press, New York, pp. 14-40.
- Case, T. J., Cody, M. L. y Ezcurra, E. (2002). *A new island biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford University Press, New York. ISBN: 0195350901
- Castoe, T. A., Spencer, C. L. y Parkinson, CL. (2007). Phylogeographic structure and historical demography of the western diamondback rattlesnake (*Crotalus atrox*): a perspective on North American desert biogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 42(1): 193-212. Doi: 10.1016/j.ympev.2006.07.002.
- Clancy, N. T., Nilsson, G. E., Anderson, C. D. y Leahy, M. J. (2010). A new device for assessing changes in skin viscoelasticity using indentation and optical measurement. *Skin Research and Technology*, 16(2): 210-228. Doi: 10.1111/j.1600-0846.2010.00433.x
- Ernst, CH. y Ernst, EM. (2011). *Venomous Reptiles of the United States, Canada, and Northern Mexico: Crotalus*. The Johns Hopkins University press, Baltimore. USA. 2. ISBN: 0801898765

- Fernández Badillo, L. (2022). *Estudio del conflicto humano-serpiente y la conservación de la cascabel *Crotalus atrox* en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. Tesis de Doctorado*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Finol U, H. y Finol U, H. (1976). Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. *Acta Botánica Venezuelica*, 11(1/4): 15-103.
- Fitch, H. S. y Shirer, H. W. (1971). A radiotelemetric study of spatial relationships in some common snakes. *Copeia*, 118-128.
- García Padilla, E., Arnaud, G., Cruz, O. y Gracia, M. L. (2011). *Crotalus tortugensis* (Tortuga Island rattlesnake) diet. *Herpetological Review*, 42(1):98-99.
- García-Sánchez, R. y Monroy-Ata, A. (2005). Micrositios del pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del Altiplano Mexicano. *Tip. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2): 61-70.
- Gimmel, A., Öfner, S. y Liesegang, A. (2021). Body condition scoring (BCS) in corn snakes (*Pantherophis guttatus*) and comparison to pre-existing body condition index (BCI) for snakes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(S2): 24-28. Doi: 10.1111/jpn.13291
- Giraud, A. R., Arzamendia, V., Lopez, S. M., Quaini, R. O., Prieto, Y., Leiva, L. A., Regner, S. A. y Urban, J. M. (2008). Serpientes venenosas de Santa Fe, Argentina: conocimientos sobre su historia natural aplicados para la prevención de ofidismo. *Fabrib*, 12: 69-89.
- Glaudas, X. y Rodríguez-Robles, J. A. (2011). A two-level problem: Habitat selection in relation to prey abundance in an ambush predator, the speckled rattlesnake (*Crotalus mitchellii*). *Behaviour*. 148(14): 1491-1524. Doi: 10.1163/156853912X623739
- González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R. G., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V. y Uvalle-Sauceda, J. I. (2010). Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, (29): 91-106.
- Grismer, L. L. (2002). *Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortés*. University of California Press, Berkeley. ISBN: 0520925203
- Grismer, L. L. (1999). Checklist of amphibians and reptiles on islands in the Gulf of California, México. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 98(2): 45-56.
- Hadly, N. F. (1985). *The adaptive role of lipids in biological systems*. John Wiley and Sons, New York, NY. ISBN: 0471090492
- Heiseke, D. y Foroughbakhch R. (1985). El matorral como recurso forestal. Reporte científico No. 1. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. México, pp. 31.
- Huey, R. B., Peterson, C. R., Arnold, S. J. y Porter, W. P. (1989). Hot rocks and not-so-hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology*, 70(4): 931-944.
- Klauber, L. M. (1972). *Rattlesnakes: Their habits, life histories, and Influence on mankind*. Vol. II 2ª ed. Zoological Society of San Diego, University of California Press, USA. ISBN: 9780520022867
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. y Ballinger, R. E. (1997). Observations on the body temperatures and natural history of some Mexican reptiles. *Bulletin Maryland Herpetological Society*, 33(4): 159-164.

- Lovich, J. E. y Gibbons, J. W. (1992). A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth Development and Aging*, 56: 269-281. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/21669086>
- Martins, M., Arnaud, G. y Ávila Villegas, H. (2012). Juvenil recruitment, early growth, and morphological variation in the endangered Santa Catalina Island rattlesnake, *Crotalus catalinensis*. *Herpetological Conservation Biology*, 7(3): 376–382.
- Martins, M., Marques, O. A V. y Sazima, I. (2008). How to be arboreal and diurnal and still stay alive: microhabitat use, time of activity, and defense in neotropical forest snakes. *South American Journal of Herpetology*, 3(1): 58-67. Doi: 10.2994/1808-9798(2008)3
- McCrystal, H. K., Schwalbe, C. R. y Retes, D. F. (1996). Selected aspects of the ecology of the Arizona ridge-nosed rattlesnake (*Crotalus willardi willardi*) and the banded rock rattlesnake (*Crotalus lepidus klauberi*) in Arizona. Report to AGFD Heritage Program. USGS Publications Warehouse, Phoenix, Arizona.
- Mcminn, M., Sevilla, G., Rodríguez, A., Pons, G. X., Mcminn, M., Sevilla, G., Rodríguez, A. Y. y Pons, GX. (2017). Verificación de la presencia de roedores en el Parque Natural de sa Dragonera (Andratx, Mallorca, Islas Baleares). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 60: 171-192. ISSN 0212-260X.
- Meik, J. M., Setser, K., Mocino-Deloya, E. y Lawing, A. M. (2012). Sexual differences in head form and diet in a population of Mexican lance-headed rattlesnakes, *Crotalus polystictus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 106(3): 633-640.
- Murillo Quero, 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, La Paz, Baja California Sur, México.
- Nelson, L. y Clark, F. W. (1973). Correction for sprung traps in catch/effort calculations of trapping results. *Journal of Mammalogy*, 54(1): 295-298.
- O'connor, T. P. (1995). Metabolic characteristics and body composition in house finches: effects of seasonal acclimatization. *Journal of Comparative Physiology B*, 165: 298-305.
- Paredes García, D. M., Ramírez Bautista, A. y Martínez Morales, M. A. (2011). Distribución y representatividad de las especies del género *Crotalus* en las áreas naturales protegidas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(2): 689-700.
- Pozas Ocampo, I. F. (2019). *Caracterización toxicológica de Crotalus ruber lucasensis (Serpentes: viperidae: crotalinae) de la península de Baja California, México. Tesis de Maestría*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México.
- Prival, D. B., Goode, M. J., Swann, D. E., Schwalbe, C. R. y Schroff, M. J. (2002). Natural history of a northern population of twin-spotted rattlesnakes, *Crotalus pricei*. *Journal of Herpetology*, 36(4): 598-607.
- Prost-Squarcioni, C., Fraitag, S., Heller, M. y Boehm, N. (2008). Histologie fonctionnelle du derme. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*, 135(1): 5-20.
- Ramos Vera, A. S. (2016). *Abundancia altitudinal de ratones en la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. Tesis Doctoral*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Rangel-Ch, J. O. y Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En: *Colombia diversidad biótica II Tipos de vegetación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá pp. 59-87.
- Reinert, H. K. (1984). Habitat variation within sympatric snake populations. *Ecology*, 65(5): 1673-1682.

- Rodríguez-Moreno, A., Arnaud, G. y Tershy, B. (2007). Impacto de la erradicación del gato (*Felis catus*), en dos roedores endémicos de la Isla Coronados, Golfo de California, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 23(1): 1-13.
- Rostagno, C. M., Del Valle, H. F. y Madryn, P. (1988). Mounds associated with shrubs in aridic soils of northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. *Catena*, 15(3-4): 347-359.
- Ruiz-Sanchez, E., Arnaud, G., Cruz-Andrés, O. R. y Garcia-De León, F. J. (2019). Phylogenetic relationships and origin of the rattlesnakes of the Gulf of California islands (Viperidae: Crotalinae: *Crotalus*). *Herpetological Journal*, 29(3): 162-172. Doi: 10.33256/hj29.3.162172
- Samaniego-Herrera, A., Valdez-Villavicencio, J. H. y Luna-Mendoza, L. (2007). *Vertebrados de las islas del Pacífico de Baja California. Guía de campo*. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C., Ensenada. 178 p.
- Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/305402185>
- Schaefer, W. H. (1934). Diagnosis of sex in snakes. *Copeia*, 1934(4): 181.
- SEMARNAT. (2010). Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre 2010.
- SEMARNAT. (2018). *Programa de acción para la conservación de las especies: serpientes de cascabel (Crotalus spp.)*. SEMARNAT/CONANP, México. Disponible en: [www.gob.mx/semarnat](http://www.gob.mx/semarnat)
- Shine, R. (1994). Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia*, 1994(2): 326-346. Doi: 10.2307/1446982.
- Shine, R. (1986). Ecology of a low-energy specialist: food habits and reproductive biology of the Arafura file snake (Acrochordidae). *Copeia*, 1986(2): 424-437.
- Simonetti, J. A. (1986). On the assessment of trapping success. *Acta Theriologica*, 31(14): 171-175
- Smith, R. J. (1999). Statistics of sexual size dimorphism. *Journal of Human Evolution*, 36(4): 423-458. ISSN: 0047 2484. Doi:10.1006/jhev.1998.0281.
- Spencer, C. L. (2008). Geographic variation in western diamond-backed rattlesnake (*Crotalus atrox*) morphology. *The biology of rattlesnakes*. Loma Linda University Press, Loma Linda, California, USA, pp. 55-78.
- Taylor, E. N. y Denardo, D. F. (2005). Sexual size dimorphism and growth plasticity in snakes: An experiment on the Western Diamond-backed Rattlesnake (*Crotalus atrox*). *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology*, 303(7): 598-607. Doi: 10.1002/jez.a.189
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R. y Hosek, J. (2022). The reptile database. Disponible en: <http://www.reptile-database.org/>. [consulta: 26 marzo 2022]
- Urquidi, E. R. y Putman, B. J. (2021). Quantifying southern Pacific rattlesnake (*Crotalus oreganus helleri*) hunting behavior through community science. *Diversity*, 13(8): 349.
- Van Denburgh, J. y Slevin, J. R. (1921). Preliminary diagnoses of more new species of reptiles from islands in the Gulf of California, Mexico. *Proceedings of the California Academy of Science*, 11(17): 395-398.
- Werler, J. E. y Dixon, J. R. (2010). *Texas snakes: identification, distribution, and natural history*. University of Texas Press, Austin, Texas, USA. ISBN: 0292793316

## 11. ANEXOS



## REGISTRO DE DATOS DE SERPIENTES DE CASCABEL

Fecha: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_ Sitio: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_ Coordenadas: \_\_\_\_\_

Altitud: \_\_\_\_\_

Fase Lunar: \_\_\_\_\_

Nubosidad: \_\_\_\_\_ % despejado

Viento: nulo moderado fuerte

Clima: T: \_\_\_\_\_ HR: \_\_\_\_\_ %

Especie: \_\_\_\_\_ Clave: (mes, #, año): \_\_\_\_\_

Microchip: \_\_\_\_\_

Posición: enroscada estirada sin movimiento desplazándose

Sitio: sobre planta, bajo cobertura (spp: \_\_\_\_\_) altura: \_\_\_\_\_ coberturas: \_\_\_\_\_

Sobre roca, bajo roca, a un lado de roca, agujero en suelo

Bajo planta muerta (sp: \_\_\_\_\_), suelo sin cobertura.

Otro: \_\_\_\_\_

Terreno: pendiente ( \_\_\_\_\_ %, \_\_\_\_\_ °), planicie

Tipo de hábitat: \_\_\_\_\_

Sexo: Hembra Macho no identificada

Medidas (cm): LHC: \_\_\_\_\_ LCC: \_\_\_\_\_ LT: \_\_\_\_\_

Circunferencia (parte media del cuerpo) (cm): \_\_\_\_\_

Peso (gr): \_\_\_\_\_

Reproducción: No, preñada, recién parida

Condición corporal:

	1	2	3	4	5
Columna V.	Afilada, puntiaguda	No tan afilada	Palpable	Palpable con presión	No palpable
E/columna y lateral	Cóncavo ( sin músculo, deshidratada	Cóncavo ( con músculo	Recto	Recto con músculo prominente	Convexo ) hidratada
Costillas	Notorias	Fácilmente palpables	Palpables	Palpables con presión	No palpables

T serpiente: \_\_\_\_\_

T sustrato a un lado: \_\_\_\_\_

Comportamiento durante el manejo: lanza mordidas, agita cascabel, se retuerce, dócil.

Uso hábitat: suelo desnudo \_\_\_\_\_ %, R1 \_\_\_\_\_ %, R2 \_\_\_\_\_ %, R3 \_\_\_\_\_ %, cob-veg \_\_\_\_\_ %, MO \_\_\_\_\_ %

Muestras: escamas, excretas, sangre, veneno, bacteriología (hisopos).

Observaciones: dañada, forma de cascabel: triangular, rectangular, segmentos cascabel \_\_\_\_\_