



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Dieta de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis*,
microendémica de la isla El Muerto, Golfo de California,
México, durante la estación seca**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G O
P R E S E N T A:**

OSCAR ROBERTO CRUZ ANDRÉS



**DIRECTOR DE TESIS:
DR. GUSTAVO ALBERTO ARNAUD FRANCO
2011**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno
Cruz
Andrés
Oscar Roberto
57 76 16 44
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
090203833

2. Datos del tutor
Dr
Gustavo Alberto
Arnaud
Franco

3. Datos del sinodal 1
Dr
Víctor Hugo
Reynoso
Rosales

4. Datos del sinodal 2
M en C
Edmundo
Pérez
Ramos

5. Datos del sinodal 3
Biol
Mónica
Salmerón
Estrada

6. Datos del sinodal 4
Biol
Roberto
Romero
Ramírez

7. Datos del trabajo escrito
Dieta de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis*, microendémica de la isla El Muerto, Golfo de California, México, durante la estación seca
64 pp
2011



FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Dieta de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis*, microendémica de la isla El Muerto, Golfo de California, México, durante la estación seca

realizado por **Cruz Andrés Oscar Roberto** con número de cuenta **0-9020383-3** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales

Propietario M. en C. Edmundo Pérez Ramos

Propietario Tutor Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco

Suplente Biól. Mónica Salmerón Estrada

Suplente Biól. Roberto Romero Ramírez

Atentamente,

“POR MI RAZA/HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Ciudad Universitaria, D. F., a 22 de octubre de 2010

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

MAG/CZS/cigs

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que me otorgó durante el año 2009, con la cual pude costear mi estancia en la ciudad de la Paz en Baja California Sur.

Al Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco, investigador del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR), por darme la oportunidad de trabajar en el proyecto “Vulnerabilidad de Crotaídos Microendémicos de las Islas del Golfo de California”. Por ser, no solo un excelente tutor académico, sino también un gran amigo.

Al Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por su amable disposición al revisar este trabajo y por aportarme valiosísimas sugerencias para mejorarlo.

Al M. en C. Edmundo Pérez Ramos del Museo de Zoología *Alfonso L. Herrera*, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por sus gentiles y pertinentes correcciones tras revisar el presente trabajo.

A la Biol. Mónica Salmerón Estrada y al Biol. Roberto Romero Ramírez, profesores de la Carrera de Biología y responsables del Herpetario de la Facultad de Ciencias de la UNAM, tanto por revisar y corregir este trabajo, como por su invaluable amistad y por enseñarme las bases del trabajo herpetológico durante mi formación profesional.

Al personal técnico del Laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR: al M. en C. Israel Guerrero Cárdenas, al Tec. José Abelino Cota Castro y al Tec. Franco Cota Castro. Al primero, por su apoyo en el trabajo de campo; a los dos primeros, por su ayuda en la identificación de la avifauna de la isla; al segundo, por su

ayuda en la identificación de los componentes alimentarios en el laboratorio, y en conjunto a los tres por su gran camaradería y por todas las enseñanzas en el campo, en el laboratorio y en la vida cotidiana.

A la Biol. Mayra de la Paz Cuevas del Laboratorio de Mastozoología del CIBNOR, por su ayuda en la identificación, a nivel de especie, del ratón que habita la isla El Muerto.

Al Dr. Reymundo Domínguez Cadena del Herbario del CIBNOR, por su ayuda en la identificación, a través de fotografías, de la vegetación presente en la isla El Muerto.

A mis compañeros y amigos que colaboraron en el trabajo de campo: María Luisa del Carmen Gracia Mendoza, Oscar Armendáriz Ruíz, Miguel Ángel Leal Jiménez, Christian Silva Bejarano y Christian G. Estrada Hernández, y Eli Padilla.

A mi amiga, la Biol. Marlene Cristina Ramírez Díaz, por su amistad incondicional y por su apoyo para poder realizar a distancia los trámites escolares necesarios para presentar este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres Petra Candelaria Andrés Gutiérrez y Amador Cruz Morales, por todo su amor, por apoyarme en todas mis decisiones, por inculcarme tantos buenos valores, y sobre todo, por enseñarme con su ejemplo, que se puede salir de cualquier problema por muy difícil que este parezca.

A mis hermanos y hermanas, pero especialmente a Flavio, quien con su ausencia me recuerda, día a día, que esta vida es solo una estación de paso y que hay que aprovechar al máximo nuestra estancia en ella.

A mis carnalitas del alma: Brix y Mona, por compartir conmigo tanto alegrías como tristezas, durante todas y cada una de aquellas noches en que salimos a recorrer juntos las calles de la gran ciudad.

Y a ti, Oliva Campos Torres, por haber llegado a mi vida en el momento justo, ni antes, ni después. Por esa maravillosa sonrisa tuya que te ilumina el rostro a la menor provocación.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	
El género <i>Crotalus</i> en México	2
Vulnerabilidad de los crotálidos de las islas del Golfo de California	2
ANTECEDENTES	
Hábitos alimentarios de las serpientes de cascabel	5
Descripción de <i>Crotalus muertensis</i>	6
OBJETIVOS	
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
ÁREA DE ESTUDIO	
Ubicación geográfica	10
Geología	11
Fisiografía	11
Clima	12
Vegetación	14
Fauna	14
MATERIALES Y METODOS	
Búsqueda y captura de las serpientes	16
Determinación de la talla para diferenciar las edades	17
Determinación del sexo de los ejemplares capturados	17
Determinación de diferencias en talla entre adultos	18
Obtención y procesamiento de muestras para determinar dieta	20
Censos de lagartijas	21
Trampeo de roedores	22
RESULTADOS	
Serpientes capturadas	25
Edades	25
Sexo	26
Diferencias en talla entre adultos	27
Dieta	28
Densidades promedio de lagartijas	32
Abundancia de roedores	37
DISCUSION	39
CONCLUSIONES	44
CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES	46
LITERATURA CITADA	48
ANEXO	61

RESUMEN

El presente trabajo pretende aportar conocimientos referentes a la dieta de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis*, especie microendémica que habita una pequeña isla del Golfo de California: El Muerto. Se capturaron un total de 27 ejemplares en la época seca del 2009 y 2010. Mediante la recolecta de excretas y regurgitaciones se pudieron identificar cuatro tipos de animales que conforman su dieta, dos lagartijas *Uta lowei* y *Petrosaurus mearnsi*; un ratón, *Peromyscus maniculatus* y un ave cuya especie no pudo ser identificada. Las lagartijas constituyeron la proporción más alta en la dieta de *C. muertensis*, con el 81.82% de los componentes identificables, mientras que el ratón y el ave tuvieron el mismo porcentaje, ambos con el 9.09%. Asimismo, se pudo observar un aparente cambio ontogénico en la dieta de *C. muertensis*, ya que los individuos juveniles (LHC \leq 378.75 mm) solamente consumieron lagartijas. Entre sexos existe una diferencia en cuanto a diversidad en la dieta, las hembras sólo consumieron lagartijas mientras que los machos tuvieron una dieta más diversa que incluye a las lagartijas, al mamífero y un ave. Entre las hembras y machos adultos existió una diferencia significativa en talla siendo los machos más grandes que las hembras. Los dos machos más grandes fueron los que consumieron al ave y al ratón. En cuanto a las presas *Uta lowei* fue la de mayor disponibilidad tanto por su presencia en todos los ambientes de la isla, como por su mayor densidad poblacional promedio.

Palabras clave: Serpiente de cascabel, *Crotalus muertensis*, Golfo de California, Isla El Muerto, dieta, alimentación, *Uta lowei*, *Petrosaurus mearnsi*, *Peromyscus maniculatus*.

INTRODUCCIÓN

El género *Crotalus* en México

En nuestro país se encuentra representado cerca del 12% de la diversidad terrestre del planeta, esta diversidad es el resultado de una compleja topografía y geología, de los diversos climas y microclimas que se pueden hallar en todo nuestro territorio y del encontrarse en la unión de dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical, lo que implica que en el país han evolucionado especies de distinta afinidad ecológica y geográfica. La diversidad biológica de nuestro país se caracteriza por estar compuesta de un gran número de especies endémicas, y en el caso de los reptiles esta proporción es del 57% (Ceballos y Eccardi, 2004).

México es considerado como el centro de diversificación evolutiva de las serpientes de cascabel del género *Crotalus*, ya que 35 de las 40 especies de dicho género se distribuyen en nuestro territorio (Gloyd, 1940; Armstrong y Murphy, 1979; Klauber, 1982; Greene, 1997; Murphy, *et al.*, 2002; Place y Abramson, 2004; Quijada-Mascareñas y Wüster, 2006; Liner, 2007).

Quince de las especies mexicanas de serpientes de cascabel se distribuyen en la península de Baja California, islas del Golfo de California e islas del Pacífico Occidental. De ellas, siete son de distribución restringida a alguno de los cuerpos insulares (Grismer, 2002) y de estas, solo dos se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2001 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008) con alguna categoría de riesgo.

Vulnerabilidad de los crotálidos de las islas del Golfo de California

Las islas del Golfo de California, además de ser consideradas como parte de una importante región económica, social y cultural (Luque-Agraz y Gómez, 2007), son

reconocidas por organismos nacionales y extranjeros como una de las regiones mexicanas prioritarias para la conservación de flora y fauna, tanto terrestre como marina, debido a que por su alta heterogeneidad de hábitats, con características únicas en el mundo, son uno de los pocos laboratorios naturales aún existentes y bien conservados, donde han evolucionado un gran número de especies endémicas (MacArthur y Wilson, 1967; Ezcurra, 2001).

Los endemismos terrestres que se encuentran en las islas del Golfo de California tienen un alto valor biológico (Peña-Jiménez, *et al.*, 1998; Rodríguez, *et al.*, 2006) y particularmente evolutivo. En el caso de los reptiles, se han registrado cerca de 117 especies insulares, de las cuales, casi la mitad son endémicas (Grismer, 1999b).

Para el caso de las especies de crotálicos insulares, es muy probable que debido a lo reducido del área en que habitan tengan una baja variabilidad genética y con ello sean más susceptibles a fluctuaciones en sus tamaños poblacionales debido a eventos ambientales estocásticos tales como sequías prolongadas, huracanes o incendios (Arnaud, com. pers.).

Si sumamos a esto algunas características reproductivas que son comunes a la mayoría de las serpientes, tales como un largo periodo de tiempo antes de alcanzar la madurez sexual, el prolongado espaciamiento entre sus eventos reproductivos y una baja tasa de reclutamiento (Rubio, 1998), así como las amenazas directas que inciden sobre dichas especies, tales como la introducción de fauna exótica a las islas (Osorio-Beristain y Torres, 1992; Ashton, 2000; Wood, *et al.*, 2002), la extracción ilegal de organismos para su venta en el mercado de mascotas (Mellink, 1995) y las actividades humanas relacionadas al esparcimiento y la instalación de campamentos pesqueros en sus hábitats (Tershy, *et al.*, 1999; Ávila 2005), se hace evidente la importancia de llevar a cabo el estudio de dichas especies y sus poblaciones a fin de evitar poner en riesgo su sobrevivencia.

Debido a los pocos estudios que existen sobre la biología de las serpientes de cascabel, particularmente de aquellas especies que habitan en los desiertos áridos del suroeste de Estados Unidos y norte de México (Grismer, 2002; Campbell y Lamar, 2004; Wüster *et al.*, 2005; Beaman y Hayes, 2008; Arnaud, 2009) y dados los cambios taxonómicos recientes (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004; Liner, 2007), algunas especies de crotálidos no se encuentran consideradas en la NOM-ECOL-059-2001 y quizá sea necesario modificar el estatus de riesgo de algunas de las que ya se encuentran enlistadas, sobre todo de aquellas más vulnerables y con una distribución geográfica muy restringida (Arnaud, *et al.*, 2006).

En este trabajo se utiliza la definición de especie microendémica propuesta por García-Mendoza (2004), la que dice que es toda aquella especie cuya área de distribución natural sea menor al 1.5% de la superficie total del territorio nacional. Este el caso de *Crotalus muertensis*, que únicamente se puede encontrar en la pequeña isla El Muerto, ubicada en el Golfo de California y cuya superficie es de tan solo 1.33 km².

Los hábitos alimentarios de esta especie se abordan en el presente estudio. Se pretende que la información generada pueda aportar datos que ayuden a determinar sus patrones de utilización de los recursos en la isla, y con ello evaluar su grado de vulnerabilidad, así como generar elementos para la implementación de estrategias para su conservación.

ANTECEDENTES

Hábitos alimentarios de las serpientes de cascabel

Junto con el clima y la disponibilidad de refugios, el alimento es uno de los factores básicos que determinan las interacciones ecológicas de las poblaciones animales. La dieta es una de las fuerzas primarias en la evolución de la morfología y comportamiento de las serpientes (Gans, 1961; Mushinsky, 1987; Rodríguez-Robles, *et al.*, 1999). Por ello, el estudio de los hábitos alimentarios de la fauna silvestre es básico para el diseño e implementación de planes de manejo de las especies (Korchsger, 1987; Lind y Welsh, 1994; Clark, 2002).

Las serpientes de cascabel son depredadoras especializadas que basan su dieta principalmente en pequeños mamíferos, lagartijas y aves, en ese orden de preferencia (Funk, 1965; Klauber, 1982; Mushinsky, 1987; Macartney, 1989; Martins, *et al.*, 2002). Aunque también, existen registros de especies como *Crotalus lutosus* que se alimentan de ranas, salamandras y huevos de lagartijas (Rubio, 1988; Glaudas, *et al.*, 2008); *C. enyo* y *C. lepidus* que incluyen miriápodos en su dieta (Taylor, 2001; Holycross, *et al.*, 2002); *C. ravus* que puede ingerir hemípteros, ortópteros y colúbridos (Mendoza-Hernández, *et al.*, 2004; Solano-Zavaleta, *et al.*, 2008); cascabeles como *C. horridus*, *C. viridis* y *C. adamanteus* engullendo huevos de aves (Klauber, 1982), y se ha reportado canibalismo en individuos de *C. viridis*, *C. polystictus* y *C. pricei* (Bullock, 1971; Prival, *et al.*, 2002; Mociño-Deloya, *et al.*, 2008).

Todo esto convierte a las serpientes de cascabel en elementos activos e importantes de las cadenas tróficas (Klauber, 1982; Campbell y Lamar, 2004), sobre todo en ambientes insulares, donde muchas de las veces son uno de los eslabones más altos en dichas cadenas.

Al igual que otras serpientes, la mayoría de las cascabeles presentan cambios ontogénicos en su dieta, alimentándose principalmente de lagartijas

durante su etapa juvenil y casi exclusivamente de mamíferos cuando son adultos. Otros factores que determinan el tipo de dieta de una cascabel son la abundancia, horarios y periodos de actividad estacional de sus presas (Klauber, 1982; Mattison 1996; Glaudas, *et al.*, 2008).

Descripción de *Crotalus muertensis*

Crotalus muertensis es una serpiente pequeña que mide hasta 610 mm en su longitud hocico-cloaca en estado adulto. Su cola es relativamente corta, de 5.7 a 7.3 por ciento de la longitud hocico-cloaca en los machos y de 4.2 a 5.8 por ciento en las hembras.

Su cabeza es triangular y se distingue fácilmente del resto del cuerpo. La parte superior de la cabeza presenta pequeños puntos oscuros, pocos ejemplares presentan barras supraoculares y estas son casi imperceptibles.

En la cabeza presenta de 14 a 18 escamas supralabiales y de 14 a 19 escamas infralabiales; las escamas supranasales generalmente se encuentran separadas de la escama rostral por una hilera de pequeñas escamas.

En la parte media del cuerpo tiene de 23 a 25 hileras de escamas, en los machos se pueden observar de 175 a 184 escamas ventrales y de 21 a 24 escamas subcaudales; en las hembras se pueden contar de 174 a 181 escamas ventrales y de 16 a 18 escamas subcaudales.

La coloración del dorso es grisácea mientras que el vientre va de un color crema a beige, oscureciéndose hacia la parte posterior y volviéndose moteado hacia los costados. El patrón de coloración dorsal está compuesto de 32 a 39 manchas de color parduzco en los adultos mientras que en los individuos juveniles tienen un patrón de bandeado rojizo, en la cola presenta de 2 a 6 anillos blancos

alternados con anillos negros (Figura 1). Por observaciones de algunos individuos capturados se notó que son capaces de variar un poco el tono de coloración de su piel, pudiendo el mismo ejemplar, ser un poco más claro o más oscuro dependiendo de las características del terreno en que se desplazan.



Figura 1. *Crotalus muertensis* en posición defensiva.

Crotalus muertensis es una especie activa desde marzo hasta septiembre y es común encontrar ejemplares enroscados en los huecos sombreados o en las pendientes rocosas de la isla (Grismer, 2002, Klauber, 1949).

Durante la primavera, se pueden observar individuos de *C. muertensis* alimentándose de lagartijas. Se han reportado hembras grávidas durante mayo y recién nacidos a finales de julio y principios de agosto. Esto sugiere que el apareamiento en esta especie ocurre durante la primavera.

La especie es de hábitos tanto diurnos como nocturnos, pero se vuelve principalmente crepuscular y nocturna durante el verano para evitar las altas temperaturas del día. Es en esta época cuando se le puede encontrar en todos

los ambientes de la isla, desde la zona intermareal hasta las cimas más altas (Grismer, 2002).

Crotalus muertensis presenta desplazamientos reducidos de 34.73 m al día, en promedio (Arnaud, com. pers.). Lo que indica una alta fidelidad a su sitio de refugio, igual que otra especie de cascabel *Crotalus ruber* que presenta un promedio de desplazamiento muy similar de 32.4 m al día (Murillo, 2009).

Originalmente Klauber (1949) describe a *Crotalus muertensis* como una subespecie enana de *Crotalus mitchelli*: *C. mitchelli muertensis*. Sin embargo, a partir de 1999 es elevada a nivel de especie (Grismer, 1999a; Grismer, 1999b; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004), basándose para ello en sus patrones de distribución de escamas, de coloración y en la pequeña talla de los adultos, comparada con otras subespecies de *C. mitchelli*.

Existe poca información acerca de la dieta de *Crotalus muertensis*. Klauber (1949) reporta que se alimenta de dos especies de lagartijas: *Uta stansburiana* (= *Uta lowei*) y *Streptosaurus mearnsi* (= *Petrosaurus mearnsi*). Además, de una especie de ratón del género *Peromyscus*. Por su parte, Grismer (2002) sugiere la posibilidad de que también se alimente de *Phyllodactylus xanti* (= *Phyllodactylus nocticolus*), por ser una especie de geco común en la isla El Muerto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la dieta de la cascabel *Crotalus muertensis* en la isla El Muerto, Golfo de California, México, durante la estación seca.

Objetivos particulares

Determinar si la dieta de *C. muertensis* está relacionada con la disponibilidad de presas en los diferentes ambientes de la isla.

Determinar si la dieta de *C. muertensis* presenta diferencias entre individuos de diferente talla.

Determinar si la dieta de *C. muertensis* presenta diferencias entre individuos de diferente sexo.

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación geográfica

La isla El Muerto es uno de los cerca de 900 cuerpos insulares que conforman el Área de Protección de Flora y Fauna de las Islas del Golfo de California, administrada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Rodríguez, *et al.* 2006).

Se encuentra ubicada a los 30° 05' 00" latitud norte y a 114° 32' 00" longitud oeste, a solo 3.39 km de la costa de Baja California, dentro del Golfo de California, y a 92 km al sureste de la ciudad de San Felipe (Figura 2). También se le conoce con el nombre de Isla Miramar y pertenece al grupo de islas conocidas como Islas Encantadas (Case, *et al.* 2002).

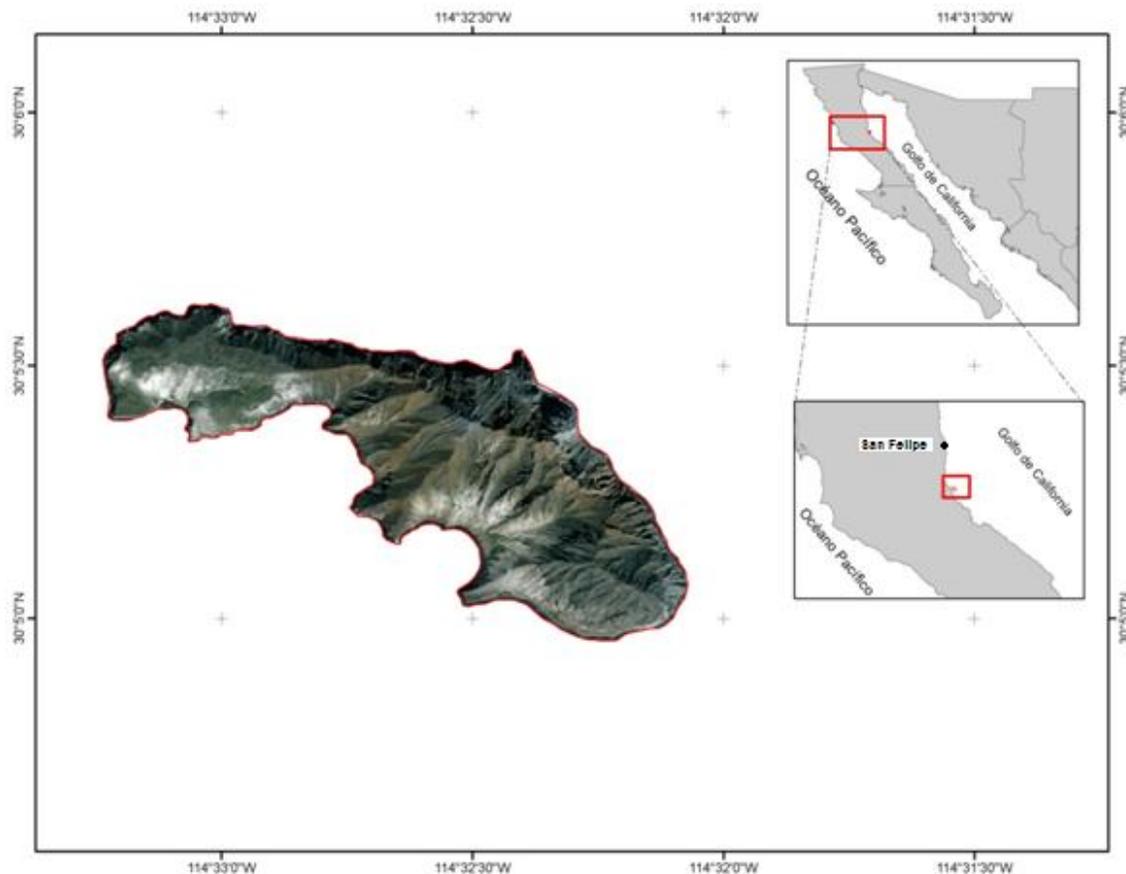


Figura 2. Ubicación geográfica de la isla El Muerto.

Geología

El Muerto e islas adyacentes están formadas principalmente por rocas volcánicas del Mioceno medio y tardío, las cuales probablemente se separaron de la península debido a una falla en bloque ocurrida durante el Pleistoceno (Gastil, *et al.* 1983).

Al igual que toda la península de Baja California, este grupo de islas continúa moviéndose lentamente hacia el noroeste como consecuencia de la captura de la margen de la Placa Norteamérica por la Placa Pacífico, una vez que la subducción de esta cesó hace unos 12 millones de años (Delgado-Argote, 2008).

Fisiografía

En general, el terreno de la isla es rocoso, las rocas volcánicas que la forman son angulares, erosionadas y de formas muy irregulares, lo que las hace un excelente refugio para las serpientes de cascabel (Klauber, 1949). Tiene una superficie de 1.33 km², su elevación máxima sobre el nivel del mar es de 192 m y la profundidad media del mar que la rodea es de 35 m (Case, *et al.*, 2002).

Una cresta montañosa recorre todo lo largo de esta isla, excepto en su extremo noroeste, que es donde se encuentra su única meseta. Esta cresta permite diferenciar claramente dos caras, la cara noreste, formada en su totalidad por cañadas de pendientes muy pronunciadas, las cuales, son cortadas por acantilados que descienden de manera casi vertical hasta el mar. El suelo de estas cañadas está constituido por material rocoso muy poco consolidado y arena, lo que las hace prácticamente intransitables.

La otra cara de la isla, la suroeste, está formada por varias cañadas contiguas de pendiente menor, que terminan en pequeñas ensenadas con playas rocosas. Es posible recorrer casi totalmente esta cara de la isla de un extremo al otro; ya bien, por las playas rocosas, durante la bajamar; o en su defecto, por la parte alta, cruzando de una cañada a otra (Figura 3).



Figura 3. Aspecto general del terreno en la cara suroeste de la isla El Muerto.

Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), el clima de la isla El Muerto es del tipo BW, es decir, muy seco, con lluvias de verano e invierno, y muy escasas durante todo el año.

Esta isla se halla dentro de la más larga, calurosa y seca de las subdivisiones de la provincia biogeográfica del Desierto Sonorense: El Valle Inferior del Río Colorado. La franja costera del Desierto Sonorense que corre a lo

largo de la costa noroccidental del Golfo de California, con elevaciones de 0 a 400 m.s.n.m., es la que menos lluvia registra al año en México por estar localizada en la sombra orográfica de las sierras de Baja California y bajo la fuerte influencia del anticiclón del Pacífico Norte (Dimmitt, 2000).

La cantidad de lluvia que cae en esta zona fluctúa entre los 40 y 60 mm anuales y tiene una distribución bimodal. El 44% cae de julio a octubre (verano) y el 55% de noviembre a febrero (invierno), el 1% restante cae entre marzo y junio. Los meses más secos son abril, mayo y junio (Minninch, *et al.*, 2000; Cavazos, 2008).

La temperatura media anual en la región (costa oriental de la península e Islas del Golfo) es de 22.7 °C. Las temperaturas medias mensuales más altas se registran en julio y agosto, siendo mayores a los 32 °C, mientras que la temperatura mínima mensual, de aproximadamente 15 °C, se presenta en el mes de enero (Dirección Estatal de Protección Civil, 2007). Sin embargo, en esta zona, durante el verano, las temperaturas superficiales pueden llegar hasta los 82 °C (Dimmitt, 2000).

La región es poco afectada por los vientos moderadamente húmedos del suroeste debido a las incursiones sinuosas de la corriente en chorro subtropical (Cavazos, 2008). Esta corriente también modula la entrada de vientos fríos y secos del oeste y del noroeste, los cuales pueden ser muy intensos ya que el viento incrementa su velocidad al bajar por las sierras o al pasar por las cañadas (Amador, *et al.*, 1991; Badán-Dangón, *et al.*, 1991; Cavazos, 2008), reflejándose así en las áridas condiciones ambientales que se presentan en la región.

La estación meteorológica más cercana a la isla El Muerto se ubica al noroeste, en la población costera de San Felipe, Baja California (Ver fig. 2). Esta localidad se encuentra en el mismo tipo de clima que la isla y en la figura 4 se puede observar su climograma.

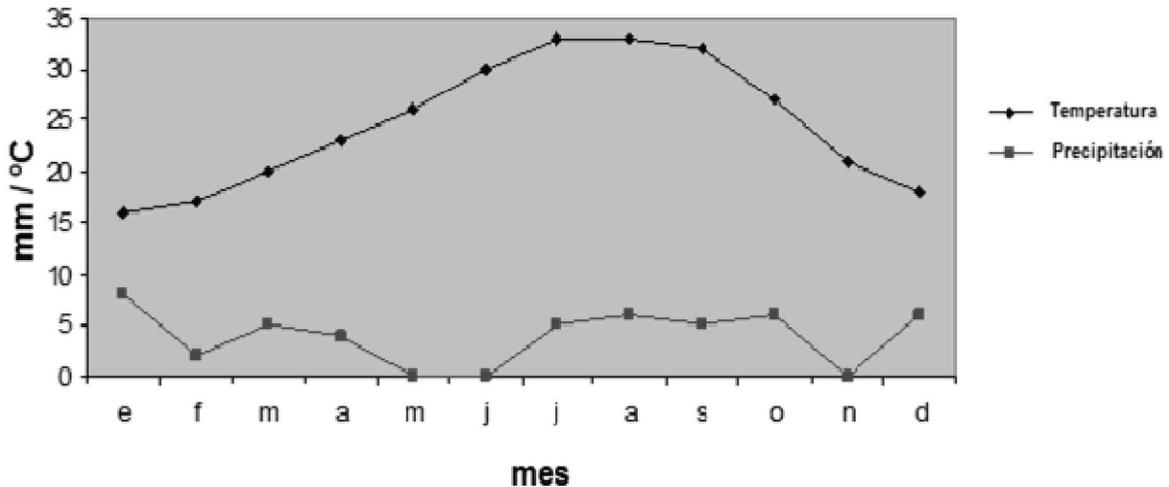


Figura 4. Climograma de la estación climática de San Felipe, B. C. (García, 1981).

Vegetación

La vegetación de esta isla es escasa y puede catalogarse como Matorral Xerófilo Sarcocaula (Wiggins, 1980). Las plantas dominantes en la isla son el arbusto salado *Atriplex hymenelytra* y el pasto aguja *Stipa* sp. (Grismer, 2002).

Otras especies que ahí se distribuyen y se identificaron son: el cardón *Pachycereus pringlei*, el garambullo *Lophocereus schottii*, la salicornia *Salicornia* sp., la manzanilla *Perityle* sp., el tasajillo *Cylindropuntia* sp., la falsa jojoba *Vizcainoa geniculata*, la jicoterilla *Phacelia* sp., el quintonil *Amaranthus palmeri*, la primula de California *Camissonia californica*, la primula de hoja acorazonada *Camissonia cardiophylla* var. *cardiophylla*, el toloache *Datura discolor* y la pegajosa *Mentzelia adhaerens* (Arnaud, com. pers.; Domínguez, com. pers).

Fauna

La fauna de la isla El Muerto incluye pequeños invertebrados tales como dípteros, coleópteros, formícidos, lepidópteros, odonatos, oniscideos, arañas y alacranes.

Klauber (1949) y Grismer (2002) registran la presencia de otros reptiles en la isla, además de la serpiente de cascabel: La culebra *Trimorphodon biscutatus*, la lagartija de costados manchados *Uta lowei* (endémica), la lagartija de las rocas *Petrosaurus mearnsi* y el geco peninsular *Phyllodactylus nocticolus* (Blair, et al., 2009).

Durante los muestreos encontramos otras especies de reptiles no reportadas anteriormente para esta isla: El cachorón güero *Dipsosaurus dorsalis*, la culebra ojo de gato *Hypsiglena torquata* y la llamada culebrita ciega *Rena boettgeri* (Adalsteinsson, et al., 2009). Por el contrario, en ninguno de los tres muestreos pudimos observar a la serpiente *T. biscutatus*.

Klauber (1949) reporta la presencia de un ratón del género *Peromyscus*, cuya especie pudo ser determinada por personal del CIBNOR, siendo esta *P. maniculatus* (Arnaud, com. pers.; De la Paz, com. pers.).

En cuanto a aves, se pueden encontrar a la gaviota de patas amarillas *Larus livens*, el cuervo *Corvus corax*, el bobo de patas rojas *Sula sula*, el bobo de vientre blanco *Sula leucogaster*, el pelicano pardo *Pelecanus occidentalis*, el saltaparedes *Catherpes mexicanus*, la alondra *Eremophila* sp., el playerito pico largo *Numenius americanus*, el patito zambullidor *Podiceps* sp., el gorrión *Ammodramus* sp., el chipe amarillo *Dendroica petechia*, la garza *Egretta rufescens* y el águila pescadora *Pandion haliaetus* (Guerrero, com. pers. ; Cota, com. pers.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Búsqueda y captura de las serpientes

Los muestreos en la isla se hicieron en tres períodos: del 4 al 7 de mayo, del 16 al 19 de junio del 2009 y del 17 al 20 de marzo del 2010. Cada período de muestreo consistió de cuatro días y tres noches.

El plan de trabajo original incluía llevar a cabo cuatro muestreos durante el 2009: dos en los meses más secos del año, mayo y junio; y dos más en los meses del verano con mayor precipitación, septiembre y octubre. Sin embargo, por cuestiones logísticas fuera de nuestro control no pudimos atravesar hacia la isla para apegarnos a este calendario de trabajo y no obtuvimos datos durante la estación de lluvias en la isla.

Las serpientes fueron buscadas por un grupo de cinco personas en tres horarios, de las 6:00 a las 12:00 horas, de las 14:00 a las 18:00 y de las 19:00 a las 24:00 horas. Dichos horarios se eligieron para abarcar las horas de mayor actividad de la especie (Grismer, 2002).

Las búsquedas se llevaron a cabo en los distintos ambientes a los que se pudo acceder en la isla. Estos ambientes fueron divididos en: playas, cañadas y meseta.

Para poder capturar y manipular a las serpientes encontradas se utilizaron pinzas y tubos herpetológicos de plástico transparente. Una vez sujeto de manera segura, e inmovilizado el animal, se registro su sexo, talla, peso, lugar de captura y comportamiento antes y durante el manejo.

A cada uno de los individuos capturados se le aplicó, de acuerdo a una clave, esmalte de colores en la base y los tres primeros segmentos del cascabel para poder reconocer a cada individuo posteriormente.

Determinación de la talla para diferenciar las edades.

En el presente trabajo se define a los animales juveniles como aquellos individuos aún no reproductores, que constituirán la porción reproductora activa de la población en el futuro cercano (Sarmiento, 2000). Los individuos adultos son aquellos sexualmente maduros, con un completo desarrollo de sus gónadas, lo que les permite reproducirse.

Puesto que para *Crotalus muertensis* no hay trabajos de desarrollo gonadal que correlacionen la longitud del cuerpo con su madurez sexual, se utilizó el método aplicado para diferenciar a los individuos juveniles de los adultos de otra especie de serpiente de cascabel, insular y microendémica: *Crotalus catalinensis* (Ávila, 2005).

Dicho método consiste en restar el valor de la longitud hocico-cloaca (LHC) de la serpiente más pequeña al valor de la LHC de la serpiente más grande capturada. Al valor obtenido de esta manera se le calculó el 25 por ciento y se sumó a la LHC de la serpiente más pequeña. Este valor final es el que se tomó como talla para diferenciar a los animales juveniles de los adultos.

Determinación del sexo de los ejemplares capturados

Para determinar el sexo de los animales capturados se insertó una sonda metálica de punta roma hacia la parte posterior de la cola, justo en las comisuras de la cloaca (Figura 5).

En los machos, la sonda puede ser insertada sin encontrar resistencia a una profundidad equivalente al ancho de 6 o más escamas ventrales. En las

hembras, la sonda puede introducirse muy poco, generalmente menos del ancho de una escama ventral (Schaefer, 1934; Fitch, 1987).



Figura 5. Método utilizado para determinar el sexo de los organismos capturados.

Determinación de diferencias en talla entre adultos.

Para comprobar que los datos de longitud hocico-cloaca (LHC) obtenidos para los ejemplares adultos provenían de una población con distribución normal se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk al total de datos de los 27 individuos capturados durante este estudio. Esta prueba utiliza mínimos cuadrados generalizados para realizar una regresión de los valores observados y los valores teóricos esperados para una distribución normal, compara la pendiente de la línea obtenida con la desviación estándar de los valores observados para poder determinar el punto de divergencia máxima entre ambas y así establece el grado de concordancia existente entre la distribución del conjunto de datos obtenidos y su distribución normal teórica (Shapiro y Wilk, 1965) a un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Se seleccionó este estadístico por ser más sensible que otras pruebas (por ejemplo: Kolmogórov-Smirnov) que dan mayor peso a los valores más cercanos a la media que a los valores que se encuentran en los extremos de la distribución cuando el conjunto de datos de la muestra es pequeño ($n < 30$) (Shapiro y Wilk, 1965; Gómez-Pompa y Del Amo, 1982).

La hipótesis nula (H_0) para esta prueba fue que el conjunto de datos de LHC sigue una distribución normal.

La hipótesis alternativa (H_a) fue que el conjunto de datos de LHC no sigue una distribución normal.

Para establecer si existían diferencias significativas entre las tallas de las hembras adultas y los machos adultos, se aplicó una prueba de t a los datos de LHC obtenidos para ambos grupos. Con esta prueba se compararon las medias y las desviaciones estándar de los dos grupos mencionados para determinar si entre esos parámetros las diferencias son estadísticamente significativas (Gómez-Pompa y Del Amo, 1982) a un nivel de significancia igual a 0.05 (5%).

Las hipótesis establecidas para la prueba de t fueron las siguientes:

Hipótesis nula (H_0): la LHC promedio de los machos adultos es menor o igual que la LHC promedio de las hembras adultas.

Hipótesis alternativa (H_a): la LHC promedio de los machos adultos es mayor que la LHC promedio de las hembras adultas.

Para efectuar ambas pruebas, así como todas las gráficas del presente trabajo, se utilizó el programa SPSS® Statistics 17.0

Obtención y procesamiento de muestras para determinar dieta.

Con el fin de poder determinar la dieta de la especie, a cada organismo capturado se le realizó un palpado en el último tercio del cuerpo, con el fin de identificar la presencia de contenido fecal en intestino para su posterior obtención por vía cloacal. Otro palpado les fue hecho en la porción media del cuerpo, con este se pudo detectar la presencia de contenido estomacal para su posterior obtención mediante la técnica de regurgitación forzada. Las excretas y regurgitaciones obtenidas fueron colocadas en frascos individuales. Se les agregó alcohol al 70% para su preservación y así fueron trasladadas del campo al laboratorio, para su posterior análisis (Fitch, 1987).

Para poder identificar los componentes alimentarios se colocó cada muestra en un frasco de plástico con taparosca y se le adicionó una solución de agua con detergente, se agitó vigorosamente y después la muestra se lavó con agua corriente sobre un par de tamices (VWR[®]) con aperturas de malla de 500 y 75 μm , respectivamente.

Una vez separados, los componentes alimentarios de cada muestra se colocaron en cajas de Petri y se identificaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Motic[®] SMZ-140), pinzas y agujas de disección.

Con el material obtenido de esta forma se elaboraron laminillas para su posterior comparación con la colección de referencia del Laboratorio de Ecología Animal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, en la ciudad de la Paz, Baja California Sur.

Los resultados obtenidos son expresados en porcentaje de ocurrencia (PO), el cual se calculó de la siguiente manera (Moreno, 2001):

$$PO = \left(\frac{ai}{n} \right) (100)$$

Donde:

ai = Frecuencia de aparición del componente i

n = Tamaño de la muestra (número de muestras utilizadas en este estudio)

Cabe mencionar que durante la revisión de las muestras obtenidas fue común encontrar restos de distintos artrópodos: cabezas y tórax de formícidos; élitros, cabezas, abdómenes y fémures de coleópteros; cabezas de lepidópteros y un telson de escorpión. Sin embargo, estos restos nunca fueron encontrados en ausencia de restos de lagartijas, lo que indica que los artrópodos solo estaban presentes como el resultado de su previa ingestión por parte de dichos insectívoros (Beaupre, 1995).

Censos de lagartijas

Para tener un mayor entendimiento de la dieta de las serpientes, se estimó la densidad promedio de lagartijas en los diferentes sitios de muestreo. Para esto se hicieron censos a través de transectos, contando el número de individuos por especie observados (Davis y Winstead, 1987; Naranjo, 1999) en los diferentes ambientes de la isla: playas, cañadas y meseta.

La longitud de cada uno de los transectos varió dependiendo de las condiciones del terreno en cada área. Sin embargo, el ancho fue constante para todos los transectos, siendo este de 6 metros.

Los censos fueron hechos en horario matutino de las 08:00 a las 10:00 horas y en horario vespertino entre las 12:00 y las 14:00 horas, para el registro de las especies con hábitos diurnos; mientras que para los gecos, con hábitos

nocturnos, los censos se realizaron en horarios entre las 20:00 y 22:00 horas. Dichos horarios se eligieron para caer dentro de las horas de mayor actividad de las diferentes especies de lagartijas que habitan en la isla (Norris, 1953; Grismer, 2002).

En mayo del 2009 se realizaron un total de cinco censos, en el mes de junio de ese mismo año se efectuaron trece y en marzo de 2010 se llevaron a cabo seis más. Los datos obtenidos se expresan en densidades promedio, es decir, el número promedio de individuos por hectárea.

Cabe mencionar que los censos de lagartijas pueden ser influidos por las condiciones atmosféricas. Las temperaturas muy altas o las muy bajas pueden provocar la inactividad de estos organismos, haciendo difícil su observación y por lo tanto pueden afectar los resultados obtenidos.

Trampeo de roedores

Para poder estimar la abundancia de roedores en los diferentes ambientes de la isla se colocaron líneas de trampas Sherman, solo se muestrearon las cañadas y la meseta debido a que las fluctuaciones en la marea cubrían de agua las playas durante las noches, lo que impidió realizar trampeos en ellas.

Las trampas se colocaron en transectos lineales, separadas una de otra por una distancia de cinco metros. Las trampas fueron colocadas y cebadas al atardecer con hojuelas de avena, permanecían activas durante toda la noche y al amanecer del día siguiente fueron revisadas, se contabilizaron los ratones atrapados y las trampas se trasladaban al siguiente sitio de trampeo para repetir el proceso.

Durante el mes de mayo del 2009 se establecieron dos líneas de trampas en dos de las cañadas de la isla, una de 50 y otra de 47 trampas, esto debido a que hubo tres trampas que no funcionaban correctamente, en la meseta se establecieron dos líneas de 25 trampas cada una. En total se colocaron 194 trampas en las dos cañadas (esfuerzo = 97 trampas/noche), mientras que en la meseta se colocaron 50 trampas (esfuerzo = 50 trampas/noche).

En el mes de junio del 2009 se establecieron dos líneas de 50 trampas en dos distintas cañadas, de tal manera que en ellas se utilizaron 200 trampas (esfuerzo = 100 trampas/noche).

En la meseta no se colocaron trampas debido a que durante el primer muestreo observamos la falta de condiciones (alimento y refugios) para que los roedores se establecieran en ella.

En marzo del 2010 se emplearon 100 trampas, divididas en dos líneas de 25 cada una (esfuerzo = 50 trampas/noche) en dos de las cañadas de la isla.

Las abundancias de roedores en los diferentes muestreos se expresan como porcentaje de captura, que representa el número de animales que cayeron en las trampas Sherman de acuerdo con el esfuerzo de captura, multiplicado por 100. El esfuerzo de captura se calculó considerando el número de trampas por el número de noches que estuvieron activas en cada ambiente de la isla (Manville, 1950; Calhoun, 1959; Rau, *et al.*, 1995; Mills, *et al.*, 1991; Sequeira, *et al.*, 2003; Romero-Almaraz, *et al.*, 2007, Gallina, *et al.*, 2008).

Dicho porcentaje de captura se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{ic}{tt} \times 100 = pc (\%)$$

ic = Número de individuos capturados.

tt = Esfuerzo de captura (número de trampas x número de noches).

pc = Porcentaje de captura.

Cabe aclarar que se uso este método por su sencillez, ya que en él se utilizan pocas trampas para poder estimar un índice de la abundancia de los organismos, a diferencia de los métodos de captura-marca-recaptura, que determinan densidades, y en los que hay que colocar un gran número de trampas dispuestas en arreglos radiales o reticulares y que se deben dejar durante varias noches en un mismo sitio (Tellería, 1986; Naranjo, 1999; Weihong, et al., 1999).

RESULTADOS

Serpientes capturadas

Durante los tres muestreos se capturaron un total de 27 serpientes, quince en mayo del 2009, seis en junio del 2009 y seis más en marzo del 2010.

Dos de estos animales fueron encontrados en actividad entre las 6:00 y las 10:00 horas. Nueve fueron encontradas refugiadas bajo las rocas durante las horas más calurosas del día, es decir, entre las 11:00 y las 17:30 horas. Tres ejemplares más fueron capturados durante el crepúsculo, entre las 18:00 p.m. y las 19:00 horas. Los 14 individuos restantes fueron atrapados durante la noche, entre las 19:45 p.m. y las 23:00 horas. En la tabla 1 se puede observar la cantidad de ejemplares de *C. muertensis* capturados en cada uno de los ambientes de la isla durante cada uno de los diferentes muestreos.

Tabla 1. Número de ejemplares de *Crotalus muertensis* capturados en los diferentes ambientes de la isla en cada mes de muestreo.

Ambiente	Mayo 2009	Junio 2009	Marzo 2010	Total
Cañadas	7	4	2	13
Playas	5	2	2	9
Meseta	3	0	2	5

Edades

El valor máximo de LHC registrado fue de 690 mm, mientras que el menor fue de 275 mm. A partir de estos datos se determinó un valor de LHC ≤ 378.75 mm para diferenciar a los juveniles de los adultos, de tal manera que 8 (29.63%) de las serpientes capturadas resultaron ser juveniles y las restantes 19 (70.37%) fueron adultas (Figura 6).

De los 15 animales capturados en mayo del 2009, cinco fueron juveniles y diez fueron adultos. En mayo del 2009, tres fueron juveniles y tres adultos. En marzo del 2010 los seis animales capturados fueron adultos.

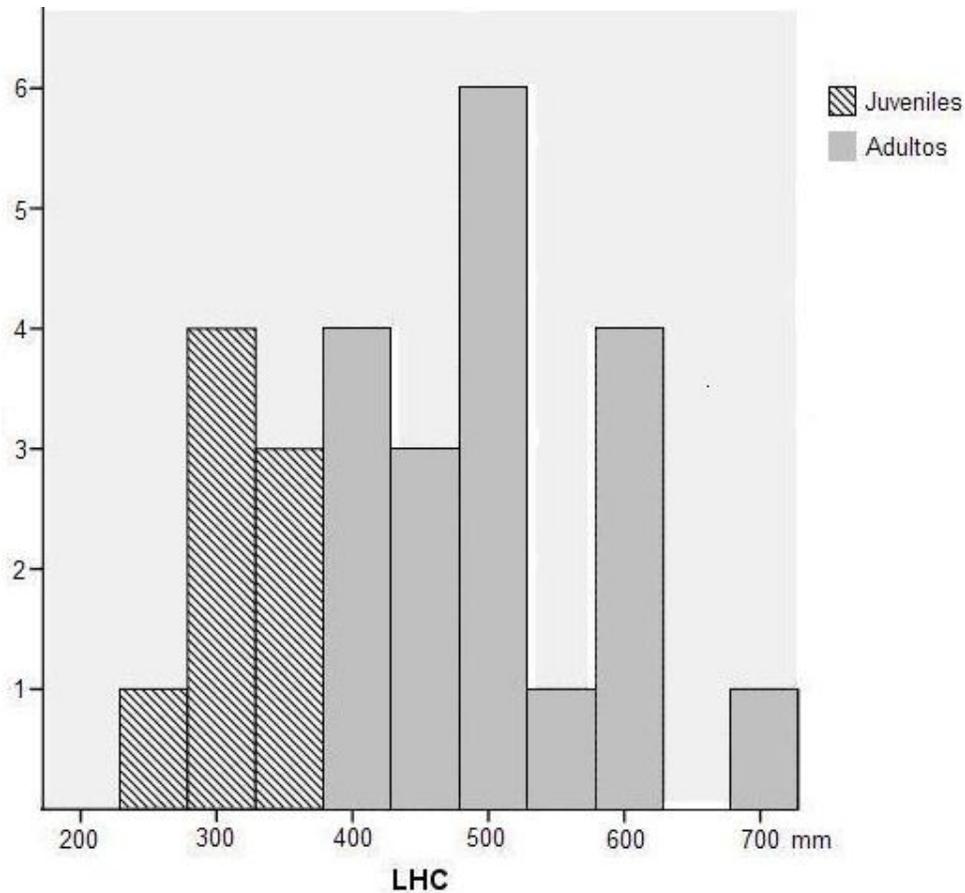


Figura 6. Longitud hocico cloaca (LHC) de las serpientes capturadas. El valor de 378.75 mm es el valor determinado para diferenciar a los animales juveniles de los adultos.

Sexo

Durante los tres muestreos se capturaron un total de 14 machos (51.85%) y 13 hembras (48.15%). Del total, tres (11.11%) fueron machos juveniles, once (40.74%) fueron machos adultos, cinco (18.52%) fueron hembras juveniles y las ocho restantes (29.63%) fueron hembras adultas (Figura 7).

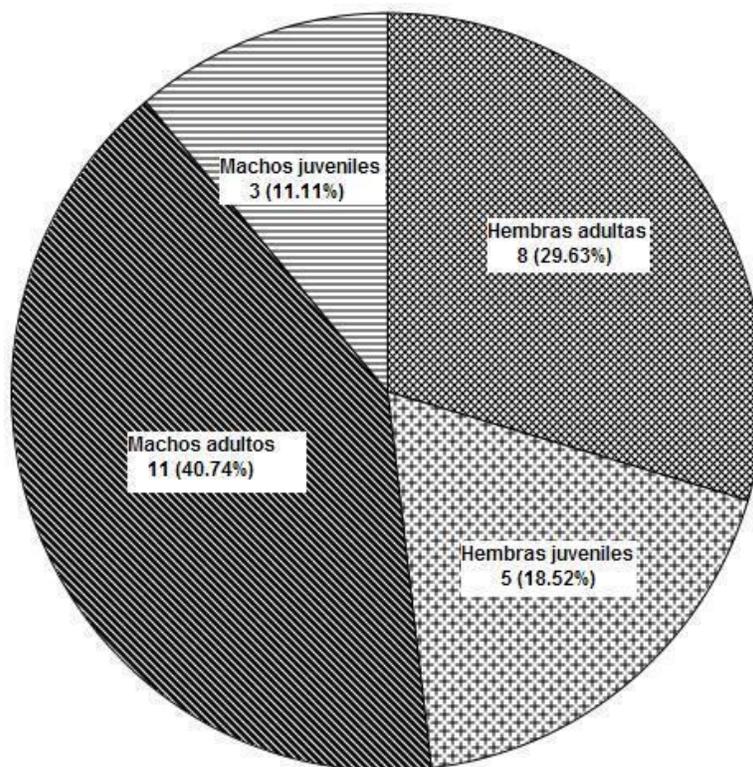


Figura 7. Número y porcentaje de serpientes por sexo y edad, capturadas durante todo el estudio.

Diferencias en talla entre adultos.

Los valores de LHC obtenidos para los 27 individuos capturados durante los tres muestreos de este estudio se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de LHC obtenidos para los 27 animales capturados.

Sexo	LHC (mm)
Hembras	275, 302, 311, 320, 367, 405, 417, 453, 460, 490, 495, 510, 514
Machos	297, 355, 365, 415, 420, 337, 485, 500, 530, 585, 590, 594, 616, 690

Al aplicar la prueba de Shapiro-Wilk se obtuvo un valor de $P = 0.692$, al comparar este valor con el nivel de significancia = 0.05 tenemos que $0.692 > 0.05$,

por lo tanto se acepta H_0 y se rechaza H_a , de tal manera que los datos de LHC obtenidos en este estudio si tienen una distribución normal.

Los once machos adultos tuvieron tallas que fueron de los 415 hasta los 690 mm, con una media de 532.9 mm. Por su parte, las ocho hembras adultas tuvieron tallas que iban de los 405 hasta los 514 mm, con una media de 468 mm (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de longitud hocico-cloaca (LHC) máximos y mínimos obtenidos para los ejemplares adultos de *Crotalus muertensis*.

	Hembras	Machos
LHC mínima (mm)	405.0	415.0
LHC máxima (mm)	514.0	690.0
Media (mm)	468.0	532.0

Tras aplicar la prueba de t se obtuvo un valor de $P= 0.026$, como este valor es menor al valor del nivel de significancia = 0.05 se rechaza H_0 y se acepta H_a , lo que indica que la LHC promedio de los machos adultos es significativamente mayor a la LHC promedio de las hembras adultas.

Dieta

De las 15 serpientes capturadas en mayo del 2009 se obtuvieron nueve heces y un contenido estomacal, que en este caso fue un ejemplar de *Uta lowei*, parcialmente digerido pero identificable a simple vista, y cuya cabeza fue ingerida primero.

En junio del 2009, de los seis individuos capturados se obtuvieron cinco muestras de heces, mientras que para marzo del 2010, de las seis serpientes capturadas se colectaron cuatro muestras de materia fecal (Tabla 4).

Tabla 4. Número de muestras de heces y contenidos estomacales obtenidos en cada muestreo.

Muestreo	Serpientes examinadas	Muestras de heces	Contenidos estomacales	% con muestras
Mayo 2009	15	9	1	66.66
Junio 2009	6	5	0	83.33
Marzo 2010	6	4	0	66.66
Totales	27	18	1	70.37

En total se obtuvieron 19 muestras, de igual número de individuos, lo que representa el 70.37 % del total de los individuos capturados durante el estudio. De estas muestras, 18 fueron excretas y solo una correspondió a regurgitación.

De las excretas, cuatro (22.22%) correspondieron a machos juveniles, cuatro (22.22%) a machos adultos, cinco (27.78%) a hembras juveniles y cinco (27.78%) a hembras adultas. La única regurgitación obtenida fue de una hembra juvenil (LHC= 275 mm).

Del total de muestras, solo 11 (57.9%) presentaron elementos identificables: escamas de los dedos, escamas del dorso, escamas de la cola, pelos y plumas (Anexo). Las muestras restantes presentaron elementos muy digeridos para ser identificados. En ninguna de las muestras analizadas se encontraron restos que indicaran la presencia de dos o más presas ingeridas por un mismo individuo.

En diez de las muestras con elementos identificables se pudo determinar la especie de la presa. En la muestra remanente solo se pudo identificar a la presa hasta nivel de orden. El análisis mostró que la dieta de *C. muertensis* estuvo integrada por las lagartijas *Uta lowei* y *Petrosaurus mearnsi*; el ratón *Peromyscus maniculatus* y una ave cuya especie no pudo ser determinada.

En mayo del 2009, *Uta lowei* fue la presa que más se encontró en las muestras, con un PO del 77.78%. *Peromyscus maniculatus* y el ave estuvieron presentes en este mes con un PO de 11.11% cada uno.

En junio de 2009 se encontraron restos de *U. lowei* y *Petrosaurus mearnsi* con un PO de 50% cada uno.

De los seis individuos capturados en marzo de 2010, ninguno presentó contenidos estomacales ni excretas con elementos identificables.

De lo anterior se puede observar que *Uta lowei* fue la presa más consumida durante los tres meses, con un PO total de 72.73%, mientras que los otros tres componentes: *Petrosaurus mearnsi*, *Peromyscus maniculatus* y el ave tuvieron un PO total de 9.09% cada uno (Tabla 5).

Tabla 5. Presas consumidas por *C. muertensis*, su frecuencia de aparición (*ai*) y su porcentaje de ocurrencia (PO).

Presas	mayo 2009		junio 2009		Total	
	<i>ai</i>	PO (n=9)	<i>ai</i>	PO (n=2)	<i>ai</i>	PO (n=11)
Reptiles						
<i>Uta lowei</i>	7	77.78	1	50	8	72.73
<i>Petrosaurus mearnsi</i>	0	0	1	50	1	9.09
Mamíferos						
<i>Peromyscus maniculatus</i>	1	11.11	0	0	1	9.09
Aves						
Sin identificar	1	11.11	0	0	1	9.09

La riqueza de especies en la dieta de *C. muertensis* varió de tres especies en mayo del 2009 a dos en junio del mismo año, lo que representa 75% y 50%, respectivamente, del total de especies consumidas (n=4).

En la figura 8, donde se compara la LHC de las serpientes con el taxón de la presa que ingirió, se puede observar que en las muestras obtenidas de las serpientes de menor talla (hasta los 500 mm) solo se presentan restos de lagartijas.

El ave y el ratón solo se encontraron en las muestras correspondientes a serpientes de mayor talla, 616 y 690 mm, respectivamente. En las muestras correspondientes a los animales juveniles de ambos sexos (LHC \leq 378.75 mm), únicamente se encontraron restos de *Uta lowei*.

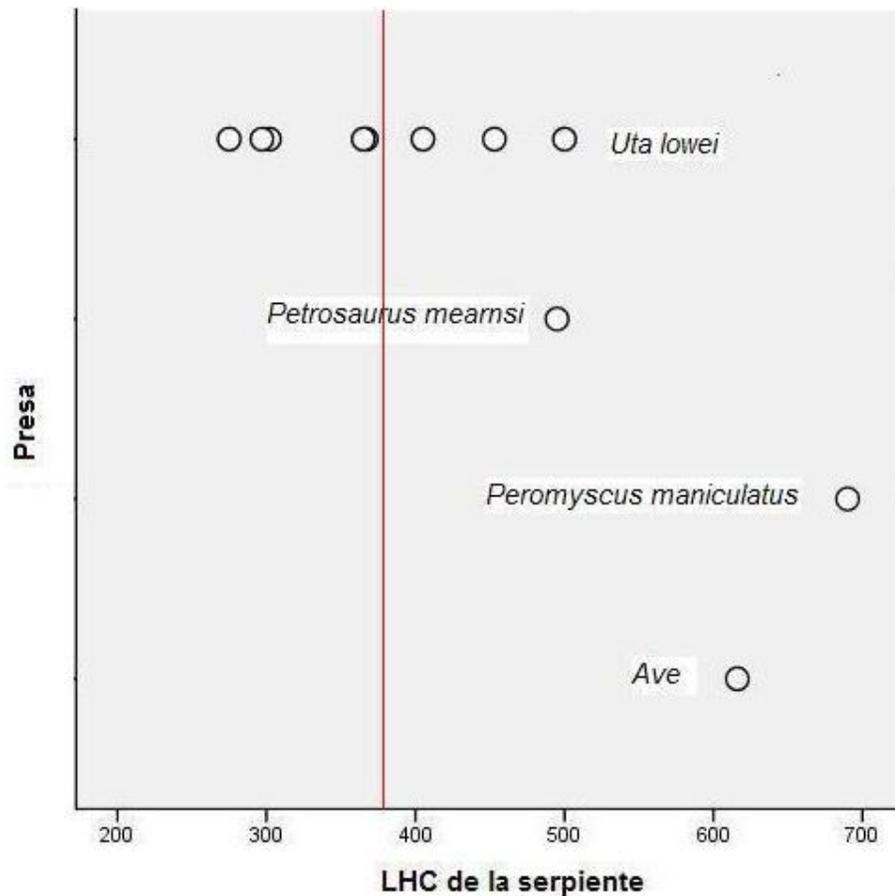


Figura 8. Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes y taxón de la presa identificada en las muestras para análisis de dieta. La línea indica el valor de LHC (378.75 mm) determinado para diferenciar a las serpientes juveniles de las adultas.

En los animales adultos (LHC > 378.75 mm), las muestras de las hembras presentaron restos de *Uta lowei* y *Petrosaurus mearnsi*, mientras que las de los machos presentaron escamas de *Uta lowei*, pelos de *Peromyscus maniculatus* y plumas del ave sin identificar (Figura 9).

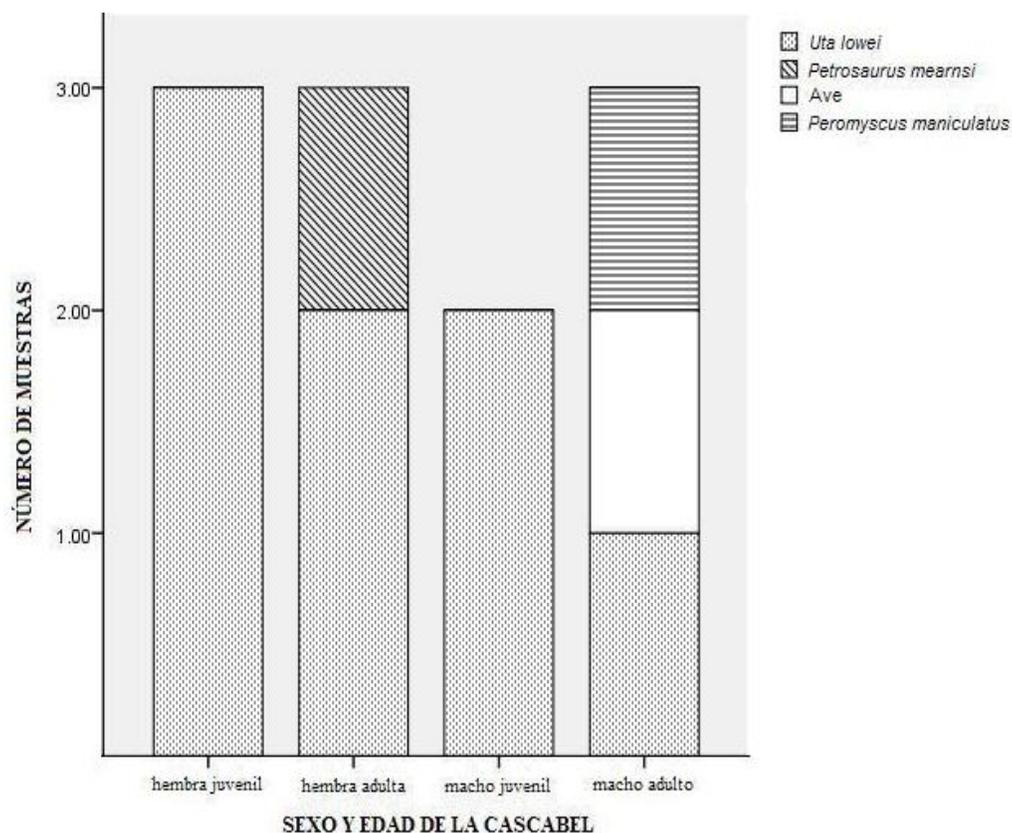


Figura 9. Presas consumidas por sexo y edad de las serpientes, cada muestra corresponde a un individuo.

Densidades promedio de lagartijas

Con los datos obtenidos de los censos realizados en mayo del 2009 se obtuvieron las densidades promedio para las cuatro especies de lagartijas que habitan la isla (Tabla 6).

Tabla 6. Densidades promedio obtenidas para las diferentes especies de lagartijas durante el mes de mayo de 2009 en los distintos ambientes (individuos/hectárea).

Especie	Cañadas	Playas	Meseta
<i>Uta lowei</i>	137.31 ± 51.33	42.98	48.68
<i>Petrosaurus mearnsi</i>	5.05 ± 7.14	0	0
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	20.2 ± 28.56	0	0
<i>Phyllodactylus nocticolus</i>	0	66.66	0

Uta lowei estuvo presente en los tres ambientes, siendo más alta su densidad en las cañadas con 137.31 individuos por hectárea. *Petrosaurus mearnsi* y *Dipsosaurus dorsalis* solo se encontraron en las cañadas, con una densidad de 5.05 y 20.2 individuos por hectárea, respectivamente, mientras que *Phyllodactylus nocticolus* solo se pudo observar en las rocas de las playas durante la noche, con una densidad de 66.66 individuos por hectárea (Figura 10).

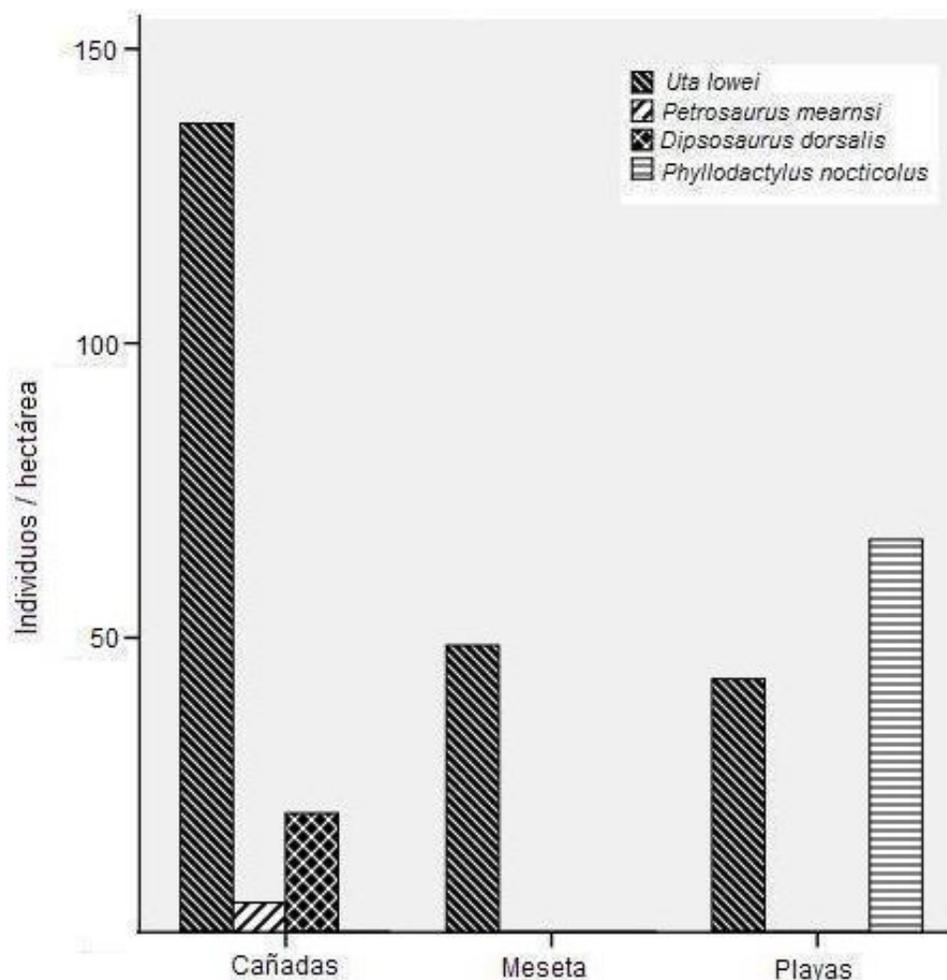


Figura 10. Densidades promedio de las diferentes especies de lagartijas que habitan la isla durante el mes de mayo del 2009.

En junio del 2009, se obtuvieron las siguientes densidades promedio para las cuatro especies de lagartijas de la isla (Tabla 7).

Tabla 7. Densidades promedio obtenidas para las diferentes especies de lagartijas durante el mes de junio de 2010 en los distintos ambientes (individuos/hectárea).

Especie	Cañadas	Playas	Meseta
<i>Uta lowei</i>	56.08 ± 12.80	38.63 ± 27.76	9.36 ± 7.94
<i>Petrosaurus mearnsi</i>	12.29 ± 5.30	0	0
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	2.52 ± 5.05	0	0
<i>Phyllodactylus nocticolus</i>	18.96 ± 18.28	8.29	0

Uta lowei sigue estando presente en los tres ambientes de la isla, siendo más abundante en las cañadas con 56.08 individuos por hectárea.

Dipsosaurus dorsalis y *Petrosaurus mearnsi* continúan restringidos a las cañadas, con una densidad de 2.52 individuos por hectárea y 12.29 individuos por hectárea, respectivamente.

Phyllodactylus nocticolus, a diferencia del mes anterior, no solo se presenta en las playas sino que también aparece en las cañadas con una densidad de 18.96 individuos por hectárea (Figura 11).

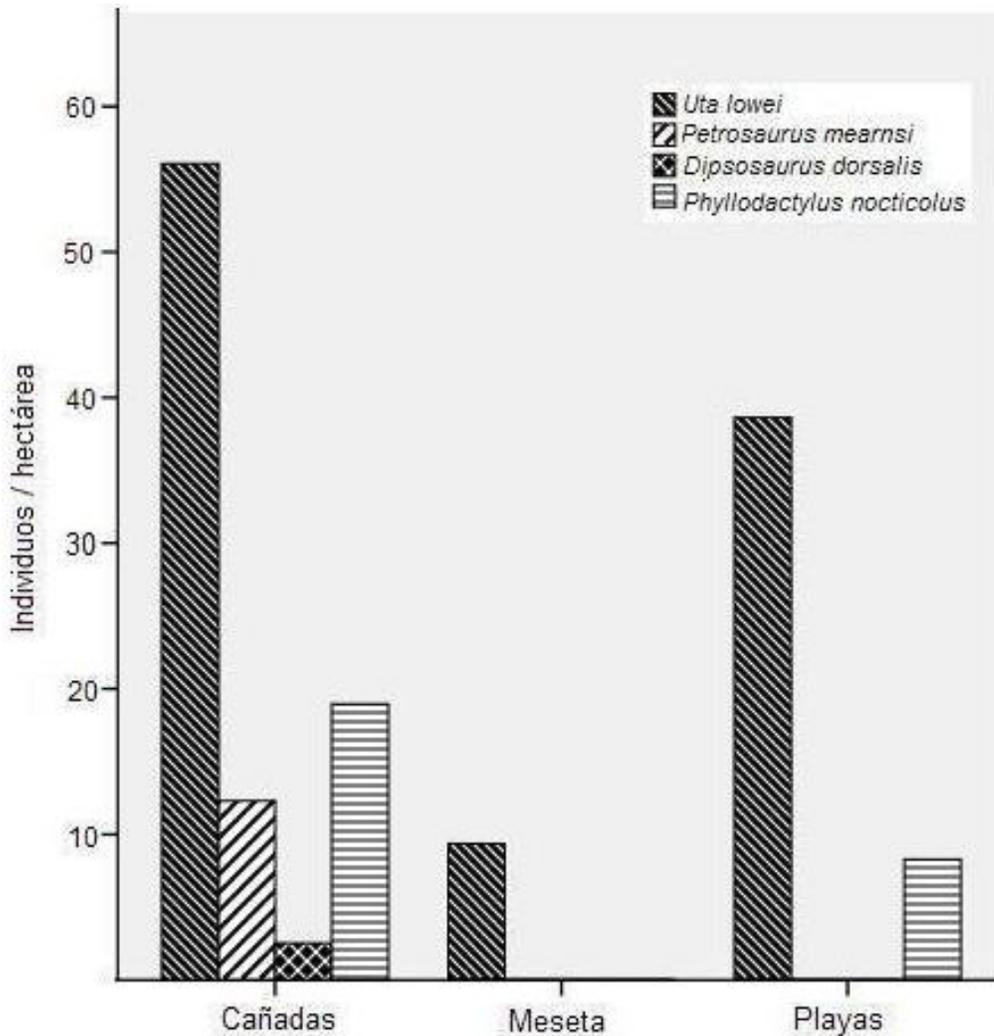


Figura 11. Densidades promedio para las lagartijas durante el mes de junio de 2009.

Para marzo del 2010, a través de los censos se obtuvieron las siguientes densidades de lagartijas (Tabla 8).

Tabla 8. Densidades promedio obtenidas para las diferentes especies de lagartijas durante el mes de marzo de 2010, en los distintos ambientes (individuos/hectárea).

Especie	Cañadas	Playas	Meseta
<i>Uta lowei</i>	53.73 ± 38.28	33.06	7.49
<i>Petrosaurus mearnsi</i>	10.1 ± 14.28	0	0
<i>Dipsosaurus dorsalis</i>	5.05 ± 7.14	0	0
<i>Phyllodactylus nocticolus</i>	10.1	4.42	0

Uta lowei sigue presente en todos los ambientes de la isla, con su mayor densidad en las cañadas, con 53.73 individuos por hectárea. *Petrosaurus mearnsi*, con una densidad de 10.1 individuos por hectárea y *Dipsosaurus dorsalis* con una densidad de 5.05 individuos por hectárea siguen confinados a las cañadas. *Phyllodactylus nocticolus* continua presente en las playas y las cañadas, siendo más abundante en las últimas con una densidad de 10.1 individuos por hectárea (Figura 12).

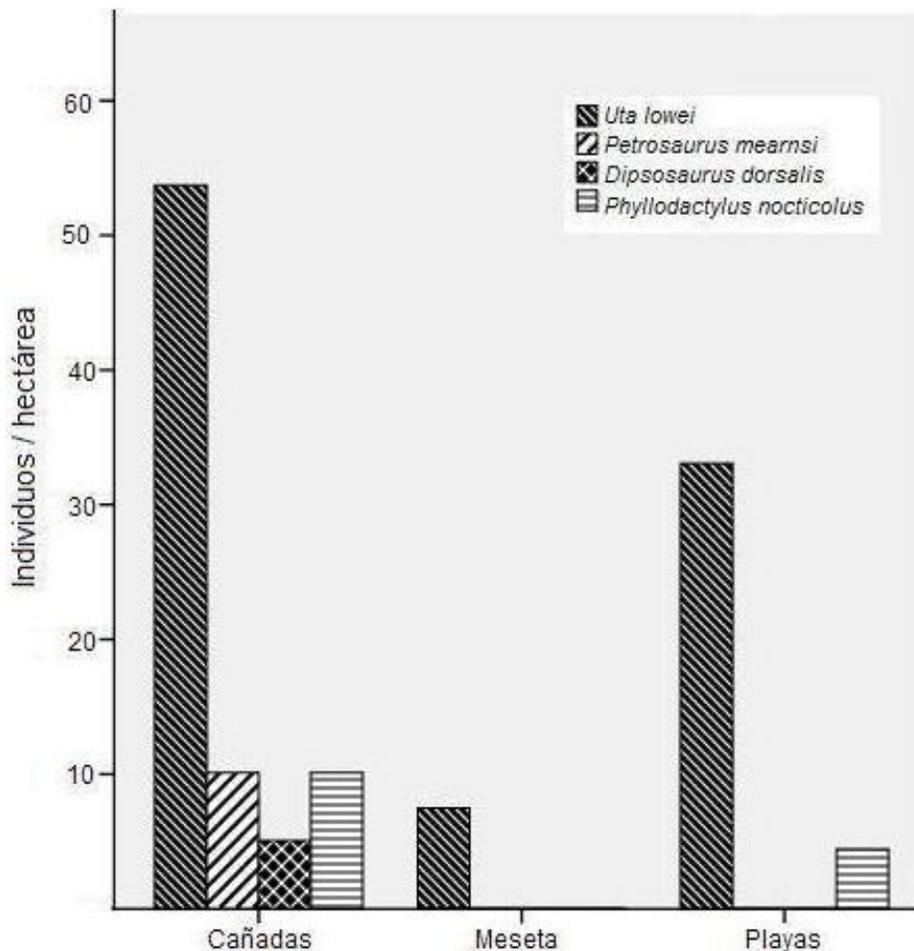


Figura 12. Densidades promedio para las lagartijas de la isla durante el mes de marzo del 2010.

Al parecer las cuatro especies de lagartijas se distribuyen de diferente manera en los distintos ambientes de la isla. En la meseta solo se pudo observar a *U. lowei*, en las playas únicamente se encontraron individuos de *U. lowei* y *P.*

nocticolus, mientras que en las cañadas se podían encontrar a las cuatro especies.

Abundancia de roedores

El único mamífero que se encontró en la isla durante los muestreos de este estudio fue el ratón *Peromyscus maniculatus*. No se encontró evidencia alguna de la presencia de ratones (*Mus musculus*) o de ratas domesticas (*Rattus sp.*).

En el mes de mayo del 2009 fueron capturados dos individuos en las cañadas, utilizando 194 trampas, lo que dio un porcentaje de captura de 1.03%. En la meseta se utilizaron 50 trampas y no se obtuvo ninguna captura.

Para junio de ese mismo año se colocaron 200 trampas en las cañadas y se capturaron tres ratones, lo que dio un porcentaje de captura del 1.5%.

En marzo del 2010, se usaron 100 trampas en las cañadas y no se obtuvo ninguna captura, el porcentaje de captura en esta ocasión fue del 0% (Tabla 9)

Tabla 9. Eficiencia de trampeo de roedores durante los tres muestreos de este estudio.

	Mayo 2009		Junio 2009		Marzo 2010	
	Cañadas	Meseta	Cañadas	Meseta	Cañadas	Meseta
Número de individuos capturados	2	0	3	0	0	0
Número de trampas utilizadas por mes	194	50	200	0	100	0
Eficiencia de trampeo (%)	1.03	0	1.5	0	0	0
Trampas utilizadas por noche	97	50	100	0	50	0
Número de noches	2	1	2	0	2	0

Si bien, debido a que las condiciones fluctuantes de la marea durante las noches no permitieron colocar trampas en las playas, durante algunos recorridos nocturnos se observaron algunos ejemplares de *P. maniculatus* deambulando entre las rocas, cerca de la zona intermareal. En otra ocasión se pudieron observar, a una altitud de 94 metros, a otros 3 ejemplares que corrían entre las rocas de una de las cañadas, cerca de una de las cimas de la isla (Tabla 10).

Tabla 10. Ejemplares de *P. maniculatus* observados (no capturados) durante este estudio.

	Mayo 2009		Junio 2009		Marzo 2010	
	Cañadas	Playas	Cañadas	Playas	Cañadas	Playas
Número de individuos observados	0	1	3	3	0	2

DISCUSIÓN

El mayor consumo de lagartijas por parte de *Crotalus muertensis* puede ser el resultado de la mayor abundancia de estas en los distintos ambientes de la isla, tal como se mostró por medio de los censos de lagartijas y el trapeo de roedores. Al respecto, Cottam, *et al.* (1959) y Lagler y Salyer (1945) mencionaron que la disponibilidad diferencial de las presas es un factor importante para determinar la alimentación de las serpientes. En este sentido Hamilton (1940) mencionó que la mayor abundancia de una especie particular de presa, se refleja como una mayor facilidad de captura y según Mattison (1996) las presas más frecuentes en la dieta de los crótalidos son las más comúnmente encontradas en su hábitat y las que presentan horarios de actividad similares.

Durante los muestreos *Crotalus muertensis* se encontró en todos los ambientes de la isla (cañadas, playas y meseta) y presentó hábitos principalmente nocturnos pero también tiene actividad en las primeras horas de la mañana y durante el crepúsculo, aunque en menor grado. Este comportamiento, aparte de permitirle escapar a las altas temperaturas del medio día y primeras horas de la tarde, probablemente también le permita capturar lagartijas en sus refugios nocturnos y muy temprano en las mañanas, ya que su presa principal *Uta lowei*, no es completamente activa sino hasta cerca de las 9 de la mañana, cuando es común verlas alimentándose ágilmente entre las rocas a pleno sol. Durante el medio día y hasta media tarde, los individuos de *U. lowei* se ubican a la sombra de las rocas y su actividad de forrajeo disminuye, volviéndose inactivas durante el crepúsculo para finalmente refugiarse bajo las rocas en cuanto se oculta el sol.

Si bien, *Petrosaurus mearnsi* también tiene actividad diurna, no es tan abundante como *U. lowei* en los diferentes ambientes de la isla y son mucho más activas desde temprana hora, pues a menudo salen de sus refugios nocturnos antes de las 6 de la mañana y se posicionan sobre las rocas para recibir los primeros rayos de sol (Grismer, 2002). Además, como explica Malloy (1971)

existe otro factor que influye en la disponibilidad de las presas: el hábitat en la que éstas se encuentran. De tal forma que si bien, *Petrosaurus mearnsi* se distribuye en las cañadas, es poco disponible para *C. muertensis*, debido a que prefiere los sitios con grandes rocas, y aunque las serpientes también se encuentran en estos sitios, el uso del hábitat es diferente, ya que *P. mearnsi* se mueve sobre las rocas pero principalmente en sentido vertical, utilizando las fisuras y grietas que se encuentran en ese mismo sentido para refugiarse, mientras que *C. muertensis* se mueve casi exclusivamente por debajo de ellas. Tal vez, estos factores son a los que se deba el reducido porcentaje de ocurrencia de *P. mearnsi* en las muestras.

Las otras dos especies de lagartijas presentes en la isla y que son susceptibles de ser presas de la serpiente, pero que no aparecieron en las muestras, son *Phyllodactylus nocticolus* y *Dipsosaurus dorsalis*.

Phyllodactylus nocticolus bien pudo haber sido consumido por la cascabel, pero es posible que por las limitaciones propias de la técnica de análisis de materia fecal no haya podido ser identificada, ya que tal vez había restos de esta especie en las heces colectadas pero se encontraban totalmente digeridos. A este respecto, es probable que la temperatura ambiental promedio (23°C) que se registra para la región en que se encuentra la isla El Muerto hagan más alta la tasa de digestión gástrica de las presas consumidas por *C. muertensis*, al igual que sucede para otros crotálicos como *C. atrox* y *C. durissus*, cuya digestión se ve aumentada notablemente a temperaturas ambientales mayores a los 15°C (Beck 1996; Tattersall, *et al.*, 2004).

Quizá con un mayor número de muestras que se obtengan por la técnica de regurgitación forzada, o a través del análisis de ADN de los restos encontrados pero que no pudieron ser identificados por el método aquí empleado, sea posible determinar la presencia de *P. nocticolus* en la dieta de *C. muertensis*.

En relación a *D. dorsalis*, es posible que no haya aparecido en la dieta, debido a que es activa a altas temperaturas ambientales (Norris, 1953; Grismer, 2002), lo cual contrasta con los patrones de actividad de las serpientes, las cuales son sensibles a las altas temperaturas (Klauber, 1982). *Dipsosaurus dorsalis* se observó activo en el período del día en el cual las serpientes son inactivas, entre las 11 y las 17 horas. Asimismo, puede ser que por la misma razón de una alta tasa de digestión, los restos de esta especie no hayan podido ser identificados entre la materia fecal colectada.

En cuanto a las aves, dada su actividad diurna, su uso de las partes altas de la vegetación arbustiva, y aunado a que por lo que se observó durante los muestreos, no hubo indicio alguno de que *C. muertensis* tenga hábitos trepadores (como *C. catalinensis*), la disponibilidad de las aves como presa es limitada, salvo aquellas especies que anidan en el suelo, como por ejemplo, las gaviotas (Grismer, 2002).

En cuanto a *Peromyscus maniculatus*, su baja abundancia en los ambientes de la isla puede ser el factor determinante de su bajo porcentaje de ocurrencia como componente de la dieta de *C. muertensis*. Pero también puede ser que debido a la reducida cantidad de muestras obtenidas solo haya aparecido un ejemplar entre ellas.

La presencia de una ave y un roedor en las muestras, permite pensar que *C. muertensis* aprovecha en su dieta todos aquellos recursos animales que le son posibles depredar. O bien, como menciona Arnold (2001), se trata de una relación costo-beneficio en que las presas difíciles de encontrar y/o difíciles de atrapar están poco representadas en la dieta o son excluidas de ella, debido a que no representan una ganancia neta de energía, e incluso en ocasiones, pueden resultar en un déficit energético.

Con los datos obtenidos, se puede observar un aparente cambio ontogénico en la dieta de *C. muertensis*, ya que los individuos juveniles ($LHC \leq 378.75$ mm) solamente presentaron restos de lagartijas. Si bien, entre los adultos más pequeños ($378.75\text{mm} < LHC \leq 500$ mm) solo se encontraron restos de lagartijas en sus excretas, en los dos adultos más grandes ($LHC = 616$ y 690 mm) se identificaron los restos del ave y el ratón, respectivamente.

La prevalencia de los lagartijas como componente alimentario en la dieta de *Crotalus muertensis*, durante su etapa juvenil, es consistente con lo que se reporta para otras especies de crótalidos tales como *C. enyo* (Taylor, 2001), *C. catalinensis* (Ávila, et al., 2007), *C. lutosus* (Glaudas, et al., 2008) y *C. oreganus* (Mackessy, et al., 2003; LaBonte, 2008), especies que al aumentar su talla, cambian sus preferencias hacia pequeños mamíferos y aves.

Esta preferencia de los juveniles a consumir lagartijas puede deberse principalmente a la relación que existe entre el diámetro corporal de la presa y el diámetro máximo al que el depredador puede dislocar su mandíbula para engullirla (Arnold, 1993; Boback, 2003; Glaudas, et al., 2008; Lazcano, et al., 2009). Las serpientes pequeñas prefieren presas con un tamaño corporal pequeño que puedan tragar sin problemas, ya que presas demasiado grandes pueden incluso, atragantarlas. Esto fue reportado en un ejemplar de *C. catalinensis* que se asfixió al no poder tragar, ni regurgitar a un ejemplar de *Dipsosaurus catalinensis* (Ávila-Villegas, et al., 2005). Asimismo, uno de los ejemplares adultos más pequeños de *C. muertensis* ($LHC = 495$ mm) presentó restos de *P. mearnsi*, cuyo tamaño promedio ($LHC = 86$ mm) es significativamente mayor al tamaño promedio de *U. lowei* ($LHC = 66$ mm) (Grismer, 2002).

Entre sexos se puede observar una diferencia en cuanto a diversidad en la dieta. Mientras que las hembras solo consumieron lagartijas, los machos mostraron una dieta más diversa, que incluye los tres grupos más importantes reportados para las serpientes de cascabel: mamíferos, lagartijas y aves (Funk,

1965; Klauber, 1982; Mushinshky, 1987; Macartney, 1989; Martins, et al, 2002). Los machos adultos son significativamente más grandes que las hembras adultas, y los dos machos más grandes fueron quienes consumieron al ave y al ratón.

Hay que puntualizar que las diferencias observadas en la dieta de *C. muertensis*, tanto entre sexos, como entre individuos juveniles y adultos, deben considerarse con cautela, puesto que únicamente se encontraron un caso de un ave y otro de un mamífero como componentes alimentarios en este estudio. Sin duda, la pequeña cantidad de muestras obtenidas representa un sesgo en la información de los hábitos alimentarios de *C. muertensis* y con una serie de muestreos más extensos se podría determinar si la presencia de estos dos taxa en la dieta de *C. muertensis* durante la estación seca en la isla El Muerto son debidos al cambio ontógeno, a las preferencias de alguno de los sexos por algún tipo de presa en particular, o bien, se puedan atribuir a la mera casualidad.

CONCLUSIONES

- Durante la estación seca en la isla El Muerto se encontraron cuatro taxa animales como componentes de la dieta de *Crotalus muertensis*: Dos especies de lagartijas, *Uta lowei* y *Petrosaurus mearnsi*; una especie de mamífero, *Peromyscus maniculatus* y un ave cuyo género y especie no pudieron ser determinados.
- La presa más importante para *C. muertensis*, tanto por su alta ocurrencia entre los componentes alimentarios como por su alta disponibilidad en los diferentes ambientes de la isla es la lagartija *Uta lowei*.
- Los individuos juveniles (LHC \leq 378.75 mm) de *C. muertensis* consumieron exclusivamente lagartijas *Uta lowei*, siendo esta especie la que se encontró como componente alimentario para dicho grupo. Por su parte, los individuos adultos (LHC $>$ 378.75 mm) presentaron una dieta más variada que incluyó a los cuatro taxa encontrados como componentes alimentarios durante este estudio.
- Entre sexos existió una diferencia en la diversidad de los componentes alimentarios de *C. muertensis*, las hembras solo consumieron lagartijas, mientras que los machos tienen una dieta más diversa, que incluye al mamífero, a las lagartijas y al ave.
- Las hembras adultas de *C. muertensis* son significativamente más pequeñas que los machos, y de estos últimos, los dos ejemplares más grandes son los que consumieron a las presas de mayor talla: el ratón y el ave.
- El reducido espectro alimenticio encontrado para *C. muertensis* puede implicar un riesgo para la misma especie, ya que si las poblaciones de sus presas, particularmente *U. lowei*, se reducen debido a eventos ambientales, tales como sequías prolongadas, huracanes, incendios u otros factores, se vería

comprometida la sobrevivencia de los ejemplares juveniles y con ello el reclutamiento de nuevos individuos reproductores a la población.

CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

Por todo lo anterior, se puede apreciar la necesidad de llevar a cabo los muestreos correspondientes a la temporada lluviosa para poder tener un mayor conocimiento de los hábitos alimenticios de *C. muertensis*, comparando los datos de una y otra temporada, o incluso, si se efectuaran suficientes muestreos podrían compararse datos de dieta entre las estaciones de un ciclo anual.

Simultáneamente a este estudio se llevaron a cabo dos estudios más para conocer distintos aspectos de la biología de *C. muertensis*, uno enfocado a caracterizar el hábitat, la distribución y abundancia de esta especie (García, 2010), y el otro, dirigido a la evaluación de su estado de riesgo a través del Método de Evaluación de Riesgo (MER) del Anexo I de la NOM-059-ECOL-2001 (Gracia, 2011). De las conclusiones obtenidas del primer trabajo se desprende que *C. muertensis* no es abundante en la isla, mientras que en el segundo se propone la inclusión de esta especie dentro de la NOM-059-ECOL-2001 con la categoría *En Peligro de Extinción*.

Se propone desarrollar una evaluación periódica de la población de esta serpiente microendémica, monitoreando su número poblacional, composición por sexos y edades, así como realizar análisis de uso del hábitat y la obtención de datos sobre su reproducción y variabilidad genética.

Se recomienda que las dependencias gubernamentales, tanto la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, divulguen la importancia de esta especie como parte del patrimonio biológico de nuestro país, a través de diversas estrategias de educación ambiental, englobadas dentro de un plan regional de conservación de las especies de crotálicos del noroeste de México.

Igualmente se recomienda que se realicen trabajos de inspección y vigilancia para evitar que la serpiente *C. muertensis* siga siendo colectada ilegalmente, cuanto más ahora que está por concluirse una carretera asfaltada de cuatro carriles que pasa por la costa, justo enfrente de la Isla El Muerto, lo que la hará más accesible para la población en general y para los colectores furtivos en particular.

LITERATURA CITADA

Adalsteinsson, S. A., W. R. Branch, S. Trape, L. J. Vitt, y S. B. Hedges. 2009. Molecular Phylogeny, classification, and biogeography of snakes of the Family Leptotyphlopidae (Reptilia, Squamata). *Zootaxa*, 2244: 1-50.

Amador, B. A, S. J. Serrano-Guzmán y S. J. Argote-Espinoza. 1991. Modelado numérico de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Ángeles, B. C., México. *Ciencias Marinas*, 17(3): 39-57.

Armstrong, B. L. y J. B. Murphy. 1979. The natural history of Mexican rattlesnakes. Univ. Kansas. Museum Natural History Special Publications (5):1-88.

Arnaud, G., M. Martins, L. Burguete-Trujillo, I. Hernández-Rodríguez, H. Avila-Villegas, R. Murillo-Quero y A. Quijada-Mascareñas. 2006. Historia natural de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinesis*, endémica de la isla Santa Catalina, Golfo de California. *En*: Flores-Campaña, L. M. (Ed.). Estudios de las islas del Golfo de California. Universidad Autónoma del Estado de Sinaloa, Gobierno del Estado de Sinaloa, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 93-100.

Arnaud, G. 2009. Vulnerabilidad de crotálidos microendémicos de Islas del Golfo de California. Proyecto Ejecutivo, PDF, 10 pp.

Arnold, S. J. 1993. Foraging theory and prey size–predator size relations in snakes. *En*: Seigel, R. a. and J. T. Collins (Eds.) Snakes: ecology and behavior. McGraw-Hill, New York, pp. 87-115.

Ashton, K. G. 2000. Notes on the island populations of the western rattlesnake, *Crotalus viridis*. *Herpetological Review*, 31(4): 214-217.

Ávila V., H. 2005. Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina *Crotalus catalinensis*, Golfo de California, México. Tesis Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, 141 pp.

Ávila-Villegas, H., A. Tejas, F. Torres, y G. Arnaud. 2005. *Crotalus catalinensis* (Santa Catalina Island Rattlesnake) diet and mortality. *Herpetological Review*. 36: 323.

Ávila-Villegas, H., M. Martins y G. Arnaud. 2007. Feeding Ecology of the Endemic Rattleless Rattlesnake, *Crotalus catalinensis*, of Santa Catalina Island, Gulf of California, Mexico. *Copeia*, 2007(1):80–84.

Badán-Dangón, A, C. E. Dorman, M. A. Merrifield y C. D. Winant. 1991. The Lower Atmosphere over The Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 96(9): 16877-16896.

Beaman, K. R. y W. K. Hayes. 2008. Rattlesnakes: Research trends and annotated checklist. *En*: W. K. Hayes, K. R. Beaman, M. D. Cardwell and S. P. Bush (Eds.). *The Biology of Rattlesnakes*. Loma Linda University Press, California, U. S. A, pp. 5-16.

Beck, B. B. 1996. Effects of feeding on body temperatures of rattlesnakes: A field experiment. *Physiol. Zool.*, 69: 1442-1455.

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

Blair, C., F. R. Méndez de la C., A. Ngo, J. Lindell, A. Lathrop, y R. W. Murphy. 2009. Molecular phylogenetics and taxonomy of lead-toed geckos (Phyllodactylidae: *Phyllodactylus*) inhabiting the peninsula of Baja California. *Zootaxa*, 2027: 28-42.

Boback, S. M. 2003. Body size evolution in snakes: Evidence from island populations. *Copeia* (1): 81-94.

Bullock, R. E. 1971. Cannibalism in captive rattlesnakes. *The Great Basin Naturalist*, 31(2): 49-50.

Calhoun, J. B. 1959. Revised sampling procedure for the North American census of small mammals (NACSM), U. S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Release, 10: 1-12.

Campbell, J. A. y W. W. Lamar. 2004. *The Venomous Reptiles of Western Hemisphere*. Cornell University Press, New York, 870 pp.

Case, T. J., M. L. Cody y E. Ezcurra (Eds) 2002. *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*, Oxford University Press, pp. 458-464.

Cavazos, T. 2008. Clima. *En: Bahía de los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad*. G. D. Danemann y E. Ezcurra (Eds.) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 67-90.

Ceballos, G. y F. Eccardi. 2004. *Animales de México en Peligro de Extinción*. CEMEX, México, 30 pp.

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

Cottam, C., W. C. Glazener y G. G. Raun. 1959. Notes on food of moccasins and rattlesnakes from the Welder Wildlife Refuge, Sinton, Texas. *Contr. Welder Wildl. Found.* 45: 1-12.

Davis, D. E. y R. L. Winstead. 1987. Estimación de Tamaños de Poblaciones de Vida Silvestre. *En: Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. R. Rodríguez T. (Ed.). The Wildlife Society, Maryland, pp. 233-258.

Delgado-Argote, L. A. 2008. Geología. *En: Bahía de los Ángeles: Recursos Naturales y Comunidad*. G. D. Danemann y E. Ezcurra (Eds.) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, pp. 19-44.

Dimmitt, M. A., 2000. Biomes & Communities of the Sonoran Desert Region. *En: Phillips, S. J. and P. Wenworth. A Natural History of the Sonoran Desert*. Arizona-Sonora Desert Museum Press, California, pp. 3-18.

Dirección Estatal de Protección Civil. 2007. Aspectos Hidrometeorológicos. http://www.depcbc.gob.mx/sistema_informacion/Atlas_Estatal/Indice_general/riesgos_hidrometeorologicos.htm. Marzo 29, 2009.

Ezcurra, E. 2001. Desert and Sea. *En: Robles-Gil, P. , E. Ezcurra y E. Mellink (Eds.). The Gulf of California, a world apart*. Agrupación Sierra Madre, Mexico, pp. 125-142.

Fitch, H. S. 1987. Collecting and Life-History techniques. *En: Seigel, R. A., J. T. Collins and S. S. Novak (Eds.) Snakes: Ecology and evolutionary biology*. McGraw-Hill, New York, pp. 143-164.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zool. Mex.* 20(2):115-144.

Funk, R. S. 1965. Food of *Crotalus cerastes laterorepens* in Yuma County, Arizona. *Herpetologica*, 21(1): 15-17.

Gallina, S, A. González-Romero y R. H. Manson. 2008. Mamíferos pequeños y medianos. *En*: Manson, R. H., V. Hernández, S. Gallina y K. Mehlreter (Eds.). Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación. Instituto Nacional de Ecología, México. pp. 161-180.

Gans, C. 1961. The feeding mechanism of snakes and its possible evolution. *American Zoologist*, 1: 217-227.

García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Offset Larios, México, 252 pp.

García P., E. 2010. Caracterización del hábitat, distribución y abundancia de la víbora de cascabel *Crotalus muertensis* (Grismer, 1999), microendémica de la isla El Muerto, Golfo de California, México. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 36 pp.

García-Mendoza, A. J. 2004. Agaváceas. *En*: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México. pp. 159-169.

Gastil, G., D. Minch y R. P. Phillips. 1983. The Geology and Ages of Islands. *En*: T. J. Case and M. L. Cody (Eds.). Island Biogeography in the Sea of Cortez. University of California Press, Berkeley, pp. 13-15.

Glaudas, X., T. Jezkova y J. A. Rodríguez-Robles. 2008. Feeding ecology of the Great Basin Rattlesnake (*Crotalus lutosus*, Viperidae). *Can. J. Zool.*, 86: 723-734.

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

Gómez-Pompa, A. y S. Del Amo R. (Eds.). 1982. Biología, Interacción de Experimentos e Ideas. Limusa, México, pp. 77-117.

Gracia M., M. L. del C. 2011. Determinación del estado de conservación de la serpiente de cascabel *Crotalus muertensis* (Grismer, 1999), microendémica de la isla "El Muerto", Golfo de California, México. Tesis Licenciatura, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, México, 47 pp.

Greene, H. W. 1997. Snakes. The Evolution of Mystery in Nature. University of California Press. 351 pp.

Grismer, L. L. 1999a. Checklist of amphibians and reptiles on islands in the Gulf of California, México. Bull. Soc. California Acad. Sci. 98: 45-56.

Grismer, L. L. 1999b. An evolutionary classification of reptiles on Islands in The Gulf of California, México. Herpetologica, 55(4): 446-469.

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. 409 pp.

Hamilton, W. J., JR. 1940. The feeding habits of larval newts with reference to availability and predilection of food items. Ecology 21 (3): 351-356.

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

Klauber, L. M. 1949. Some new and revised subspecies of rattlesnakes. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist. 11(6): 61-116.

Klauber, L. M. 1982. Rattlesnakes: Their habits, life histories and influence on mankind. University of California Press. Berkeley. 350 pp.

Korschgen, L. J. 1987. Procedimientos para el análisis de los hábitos alimentarios
En: Rodríguez T., R. (Ed.) Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre, Washington, The Wildlife Society, 1987: 119-134.

LaBonte, J. P., 2008. Ontogeny of Prey Preference in the Southern Pacific Rattlesnake, *Crotalus oreganus helleri*. *En*: W. K. Hayes, K. R. Beaman, M. D. Cardwell and S. P. Bush (Eds.). The Biology of Rattlesnakes. Loma Linda University Press, Loma Linda, California, :169-174.

Lagler, K. F. and J. C. Salyer II. 1945. Influence of availability on the feeding habits of the common garter snake. *Copeia* 1945(3): 159-162.

Lazcano, D, S. M. Acosta, R. Mercado, J. A. Chávez y S. Narváez. 2009. Tiempo de deglución en crías de *Crotalus aquilus* (Klauber, 1952) en condiciones de cautiverio. *Ciencias UANL*, XII(3): 288-294.

Lind, A. J. y H. H. Welsh Jr. 1994. Ontogenetic changes in foraging behaviour and habitat use by the Oregon garter snake, *Thamnophis atratus hydropilus*. *Animal Behaviour*, 48: 1261-1273.

Liner, E. A. 2007. A modern checklist of the amphibians, turtles, reptiles, and crocodilians of Mexico is presented. Fifty-three families containing 216 genera and 1627 species and subspecies are listed as occurring in Mexico. *Louisiana State University Occasional Papers of the Museum of Natural Science*, 80: 1-60.

Luque-Agraz, D. y E. Gómez. 2007. La construcción de la región del Golfo de California desde lo ambiental y lo indígena. *Ra Ximhai*, Universidad Autónoma Indígena de México, 3(1): 83-116.

Mac Arthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, London, 224 pp.

Macartney, J. M., 1989. Diet of the Northern Pacific Rattlesnake, *Crotalus viridis oreganus*, in British Columbia. *Herpetologica*, 45(3): 299-304.

Mackessy, S. P., K. Williams, and K. G. Ashton. 2003. Ontogenic variation in venom composition and diet of *Crotalus oreganus concolor*. A case of venom paedomorphosis?. *Copeia*, 4:769-782.

Malloy, J. L. 1971. Food habits of snakes in an east Texas state fish hatchery. M.S. Thesis. Stephen F. Austin State University. Nacogdoches, Texas.

Manville, R. H. 1950. A comparison of trapping methods. *Journal of Mammalogy*. 31(4): 377-383.

Martins, M., O. A. V. Marques and I. Sazima. 2002. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers (Genus *Bothrops*). *En: G. W. Schuett, M. Höggren, M. E. Douglas and H. W. Greene (Eds.) Biology of the vipers*. Eagle Mountain Publishing, pp. 307-328.

Mattison, C. 1996. Rattler! A Natural History of Rattlesnakes. Balford, London, 144 pp.

Mellink, E. 1995. The potential effect of commercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History*, 3(1): 95-99.

Mendoza-Hernández, A., O. Flores-Villela, E. Mociño-Deloya y O. Sánchez-Herrera. 2004. *Crotalus ravus* diet. *Herpetological Review* 35(1):63-64.

Mills, J. N., B. A. Ellis, K. T. McKee, J. I. Maiztegui y J. E. Childs. 1991. Habitat associations and relative density of rodent populations in cultivated areas of Central Argentina. *J. Mamm*, 72: 470-479.

Minninch, R. A., E. F. Vizcaíno y R. J. Dezzani. 2000. The El Niño/Southern oscillation and variability in Baja California, Mexico. *Atmosfera*, 13:1-20.

Mociño-Deloya, E., K. Setser, J. M. Pleguezuelos, A. Kardon y D. Lazcano. 2008. Cannibalism of nonviable offspring by postparturient Mexican lance-headed rattlesnakes, *Crotalus polystictus*. *Animal Behavior*: 1-6.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T manuales y tesis, España, 83 pp.

Murphy, R. W., J. Fu, A. Lathrop, J. V. Felthman y V. Kovac. 2002. Phylogeny of the rattlesnakes (*Crotalus* and *Sistrurus*) inferred from sequences of five mitochondrial DNA genes. *En*: Schwett, G. W., M. Hoggren, M. E. Douglas y H. W. Green (Eds.). *Biology of Vipers*. Eagle Mountain Publishing, Utah, pp. 69-92.

Murrillo Q., R. 2009. Uso de hábitat de la víbora de cascabel (*Crotalus ruber*) en un matorral xerófilo de la Paz, Baja California Sur, México. Tesis Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, B. C. S., México, ix + 106 pp.

Mushinsky, H. R. 1987. Foraging Ecology. *En*: Seigel, R. A. and J. T. Collins (Eds.) *Snakes: Ecology and Behavior*. McGraw Hill, pp. 302-334

Naranjo, E. J. 1999. Estimaciones de Abundancia y Densidad en Poblaciones de Fauna Silvestre Tropical. *En*: Cabrera, E., C. Mercolli y R. Resquín (Eds.). *Memorias del IV Congreso Internacional Sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y Latinoamérica*. Asunción, Paraguay, pp. 37-46.

Norris, K. S. (1953). The ecology of the desert iguana *Dipsosaurus dorsalis*. *Ecology* 34, 265-287.

Osorio-Beristain, M. y R. Torres. 1992. Depredación de reptiles por gatos domésticos introducidos en Isla Isabel, Nayarit. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*. 4(1): 10-12.

Peña-Jiménez, A., L. Durand-Smith y C. Alvarez-Echegaray. 1998. Conservación. *En: CONABIO (Ed.) La Diversidad Biológica de México: Estudio de País, Mexico*, pp. 183-210

Place A. J. y C. I. Abramson. 2004. A quantitative analysis of the ancestral area of rattlesnakes. *Journal of Herpetology*, 38: 152–156.

Prival, D. V., M. J. Goode, D. E. Swann, C. R. Schwalbe y M. J. Schroff. 2002. Natural history of a northern population of Twin-Spotted Rattlesnakes *Crotalus pricei*. *Journal of Herpetology*, 36(4): 598-607.

Quijada-Mascareñas A y W. Wüster. 2006. On the Origins and Dispersal of Neotropical Rattlesnakes in South America. *CAH/ACH Bulletin*, 14(1): 6-12.

Rau, J. R., D. R. Martínez, J. R. Low y M. S. Tilleria. 1995. Depredación por zorros chillas (*Pseudalopex griseus*) sobre micromamíferos cursoriales, escansoriales y arborícolas en un área silvestre protegida del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 68: 333-340.

Rodríguez-Robles, J. A., D. G. Mulcahy y H. W. Greene. 1999. Feeding ecology of the desert nightsnake *Hypsiglena torquata* (Colubridae). *Copeia*: 99-103.

Rodríguez V., J. A., D. Crespo C. y M. A. Cisneros-Mata. 2006. Estableciendo prioridades de conservación en islas del Golfo de California: Un ejercicio con criterios múltiples. World Wildlife Found, 31 pp.

Romero-Almaraz, M. de L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada y R. D. Owen. 2007. Mamíferos pequeños, manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 201 pp.

Rubio, M. 1988. Rattlesnake: Portrait of a predator. Smithsonian Institute Press, 240 pp.

Sarmiento, F. O. 2000. Diccionario de Ecología: Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica. Editorial Abya Yala, Quito, Ecuador, 514 pp.

Schaefer, W. H. 1934. Diagnosis of sex in snakes. *Copeia* : 181.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008. Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, 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, 5 de diciembre, Segunda sección.

Sequeira, G., B. Vanasco, D. Enria, G. Calderón y A. Canal. 2003. Distribución de pequeños mamíferos en la ciudad de Santa Fe, Argentina. *Revista FAVE-Ciencias Veterinarias*, 2(1): 7-17.

Shapiro, S. S. y M. B. Wilk. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(4): 591-611.

Solano-Zavaleta, I., U. O. García-Vázquez and M. L. Calderón-Espinosa. 2008. *Crotalus ravus* diet. Herpetological Review, 39(4):469.

Tattersall, G. J., W. K. Milsom, A. S. Abe, S. P. Brito y D. V. Andrade. 2004. The thermogenesis of digestion in rattlesnakes. J. Exp. Biol., 207: 579-585.

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

Tellería, J. L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Editorial Raíces, España, 273 pp.

Tershy, B. R., L. Bourillon; L. Metzler y J. Barnes. 1999. Survey of ecotourism on islands in northwestern Mexico. Env. Conservation 26(3): 212-217.

Weihong, J., C. R. Veitch y J.L. Craig. 1999. An evaluation of efficiency of rodent trapping methods: The effect of trap arrangement, cover type, and bait. New Zealand Journal of Ecology. 23(1): 45-51

Wiggins, I. L., 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, Stanford, California, 1025 pp.

Wood, B., B. R. Tershey, M. A. Hermosillo, C. J. Donlan, J. A. Sánchez, B. S. Keitt, D. A. Croll, G. R. Howard y N. Biavaschi. 2002. Removing cats from islands in north-west México. *En*: Veitch, C. R. y Clout, M. N. (Eds.). Turning the tide: the eradication of invasive species. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U. K., pp. 374-380.

Wüster, W., J. E. Ferguson, J. A. Quijada-Mascareñas, C. E. Pook, M. G. Salomão y R. S. Thorpe. 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia and the

phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*). *Molecular Ecology* 14(4): 1095-1108.

ANEXO

Especies animales encontradas en la dieta de *C. muertensis*.

Reptiles

Petrosaurus mearnsi (Stejneger, 1894)



LHC= 86 mm

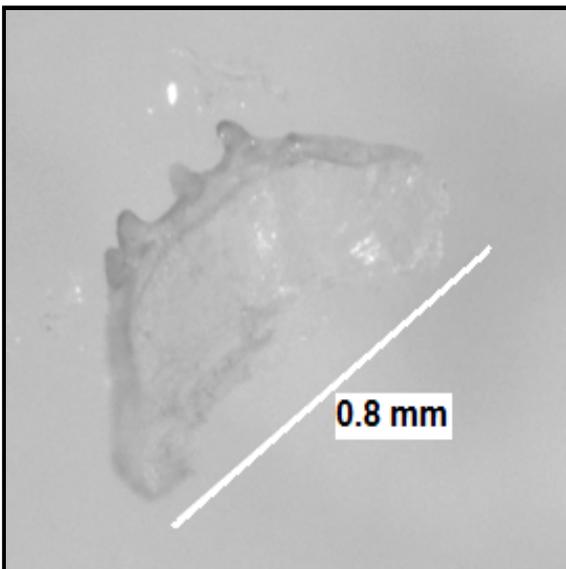
Uta lowei (Grismer, 1999)



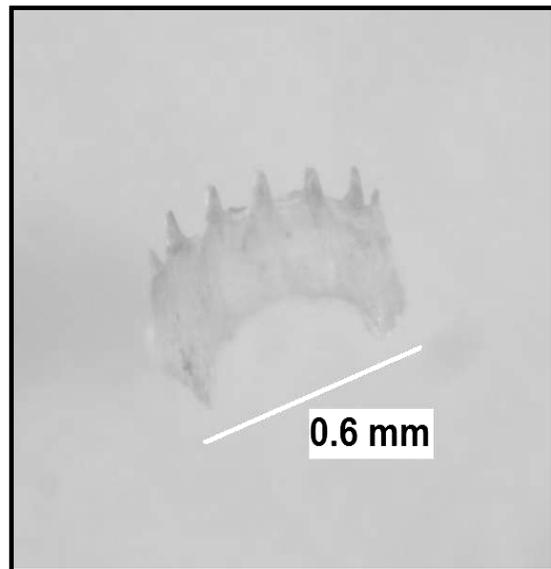
LHC= 66 mm

Ornamentación de las escamas de la cara ventral de los dedos (4x).

Petrosaurus mearnsi

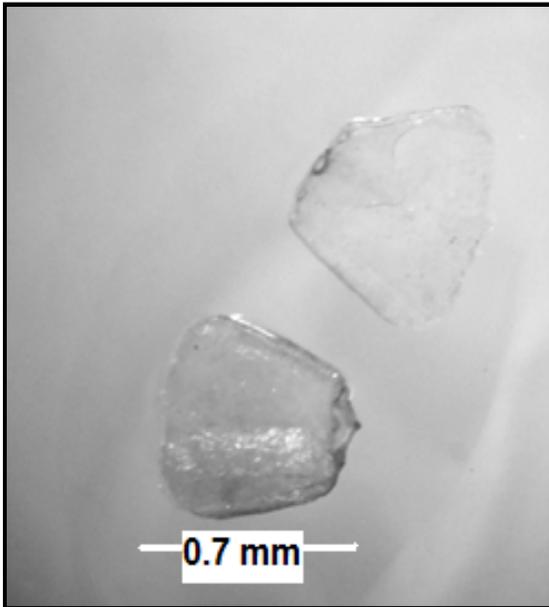


Uta lowei

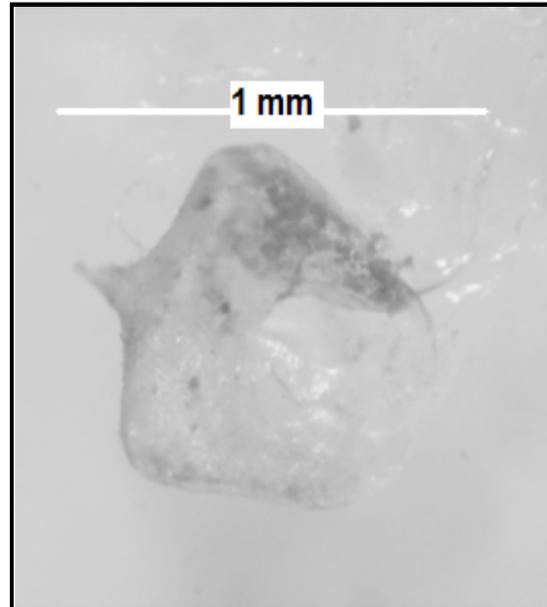


Escamas de la cola (4x).

Petrosaurus mearnsi

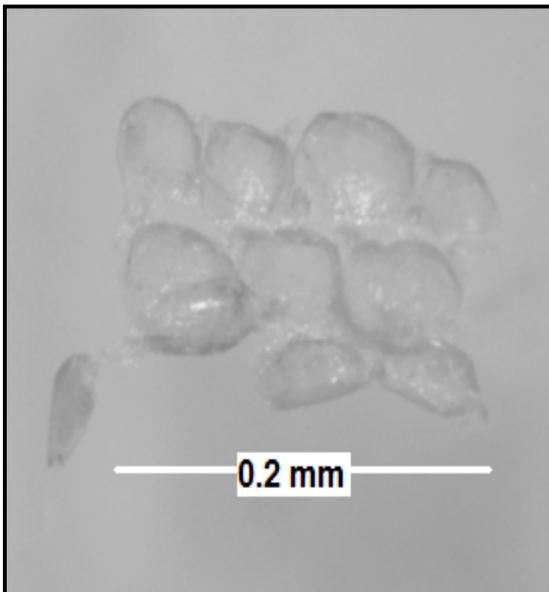


Uta lowei

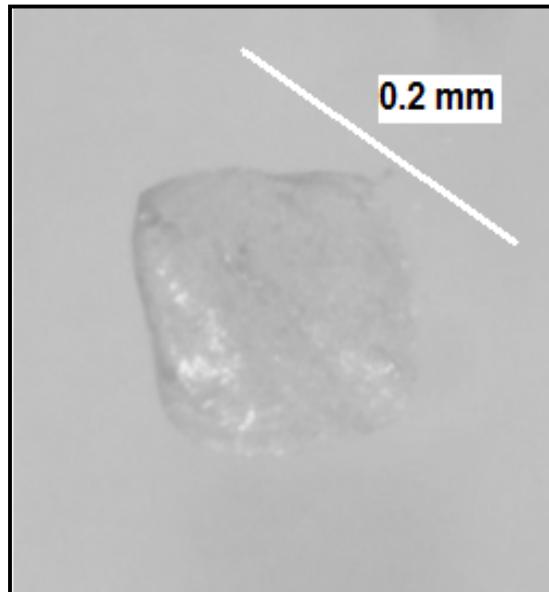


Escamas dorsales (4x).

Petrosaurus mearnsi

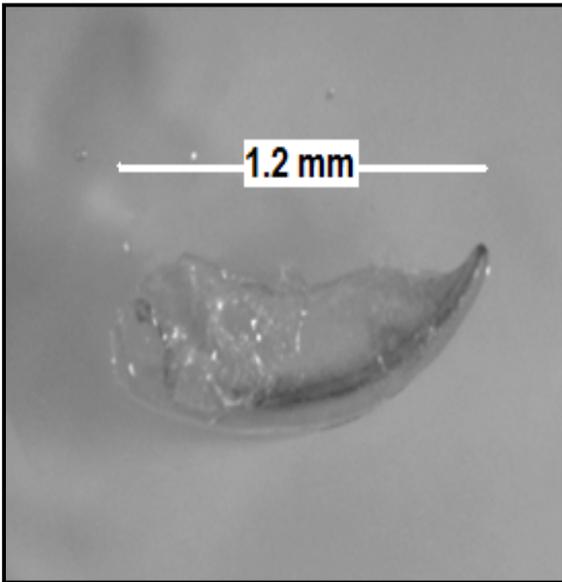


Uta lowei

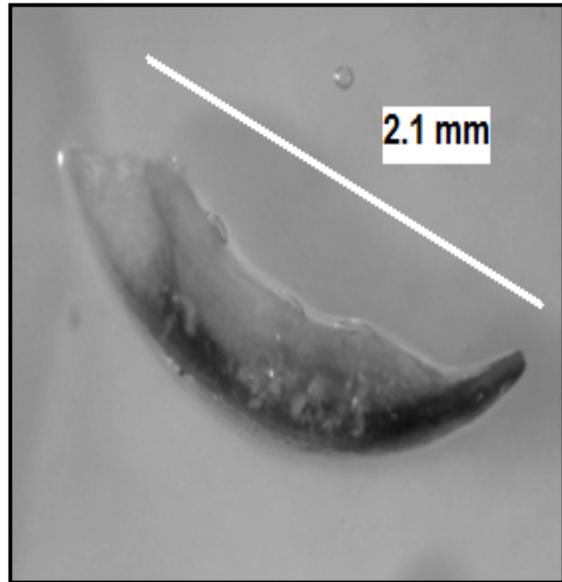


Uñas (4x).

Petrosaurus mearnsi



Uta lowei



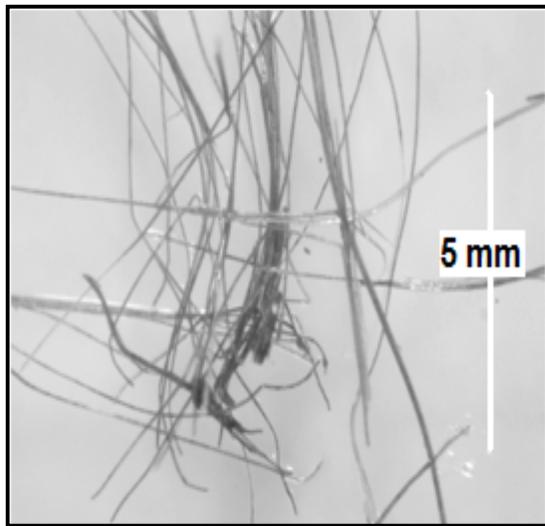
Mamífero

Peromyscus maniculatus (Wagner, 1845)

Pelo (4x)



Longitud del cuerpo= 120 mm



Ave

Especie no identificada

Pluma (4x).

