



**Programa de Estudios de Posgrado**

**Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel  
de la Isla Santa Catalina *Crotalus catalinensis*,  
Golfo de California, México.**

**T E S I S**

**Que para obtener el grado de**

**Maestro en Ciencias**

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

p r e s e n t a

**H é c t o r A v i l a V i l l e g a s**

## ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de enero del 2005, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

**"Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina *Crotalus catalinensis*, . Golfo de California, México."**

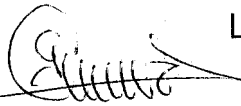
Presentada por el alumno:

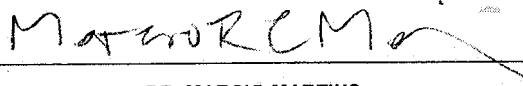
**Héctor Avila Villegas**

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

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

LA COMISION REVISORA

  
DR. GUSTAVO ARNAUD FRANCO  
DIRECTOR DE TESIS

  
DR. MARCIO MARTINS  
CO-TUTOR

  
M en C. ENRIQUE MORALES BOJÓRQUEZ  
CO-TUTOR

  
DRA. THELMA ROSA CASTELLANOS CERVANTES,  
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMITÉ TUTORIAL  
Y  
REVISOR DE LA TESIS

Dr. Gustavo Arnaud Franco

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.  
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marcio Martins

Departamento de Ecología, Instituto de Biociencias,  
Universidad de Sao Paulo, Brasil.  
CO-TUTOR

M. en C. Enrique Morales Bojórquez

Instituto Nacional de la Pesca.  
Centro Regional de Investigación Pesquera  
CO-TUTOR

MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Gustavo Arnaud Franco  
Dr. Marcio Martins  
M. en C. Enrique Morales Bojórquez

SUPLENTE

Dra. Patricia Galina Tessaro  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

## RESUMEN

En el Golfo de California, México, existen más de 100 islas e islotes que se caracterizan por presentar un alto número de especies endémicas de varios grupos taxonómicos. Entre ellos sobresalen los reptiles, de los que casi el 50% son endémicos. No obstante su gran diversidad, el conocimiento de su biología, ecología y estado de conservación es limitado. Tal es el caso de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, endémica de la Isla Santa Catalina, en el Parque Nacional Bahía de Lorero, B. C. S., la cual hasta 2004 fue depredada por gato feral, y actualmente se encuentra sometida a la colecta ilegal y matanza indiscriminada, de tal forma que se le considera como una especie amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Con el fin de identificar los requerimientos ecológicos y evaluar el estado de conservación de *C. catalinensis*, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las variables biológicas y ambientales que influyen en su distribución y abundancia. Para ello, entre 2002-2004 se realizaron nueve salidas de campo de tres a cinco días de duración a la Isla Santa Catalina, visitándola una vez por mes dentro del período abril-octubre, que abarca la estación seca (abril-junio) y de lluvias (julio-octubre). Se realizaron censos nocturnos tanto en laderas como en arroyos de ocho localidades en búsqueda de las serpientes de cascabel para cuantificar su abundancia.

De cada ejemplar capturado se registró el sexo, coloración (clara u oscura), tamaño (longitud hocico-cloaca -LHC-), peso, lugar de captura (arroyo o ladera) y comportamiento (enroscada o en movimiento). Se comparó la dieta entre sexos, coloraciones y clases de edad a partir de muestras de excretas y contenidos estomacales obtenidos en campo. Los individuos fueron liberados inmediatamente después de la toma de datos. Finalmente, se describió el hábitat de los ejemplares capturados mediante la medición de nueve variables estructurales en torno al sitio exacto de captura, y se comparó el uso de hábitat entre coloraciones y sexos mediante un análisis de funciones discriminantes.

Durante el estudio se observaron 204 serpientes, de las cuales se tomaron datos a 193. Se observó que *C. catalinensis* presenta un patrón de abundancia con un incremento en la estación de lluvias, y no se encontraron diferencias estacionales en cuanto al comportamiento, proporción de sexos ni proporción de individuos de cada coloración. Sin embargo, durante todos los meses se observó una mayor proporción de individuos de coloración oscura a pesar que fueron más difíciles de detectar que los de coloración clara.

Del total de serpientes observadas, 20 (9.8%) se encontraron sobre la vegetación a una altura entre los 10-75 cm, y julio fue el mes en que se observaron en mayor proporción. No se observó diferencia significativa ( $Z = 0.21$ ,  $P > 0.05$ ) al comparar la temperatura cloacal de estas serpientes ( $29.7 \pm 3.3^\circ \text{C}$ ,  $n = 5$ ) y la temperatura ambiental ( $29.0 \pm 2.0^\circ \text{C}$ ,  $n = 5$ ). Se observó que los machos fueron ligeramente más grandes que las hembras con un dimorfismo sexual en tamaño (DST) = -0.02 con base al índice de Gibbons y Lovich; no se observaron diferencias significativas ( $Z = 0.15$ ,  $P > 0.05$ ) en el tamaño (LHC) entre los

individuos claros ( $\bar{X} = 505 \pm 141$  mm,  $n = 61$ ) y los oscuros ( $\bar{X} = 529 \pm 137$  mm,  $n = 132$ ).

Se observó que la dieta de esta serpiente se compone en un 71% del ratón endémico *Peromyscus slevini*, y el restante 29% de tres especies de lagartijas (*Dipsosaurus catalinensis*, 16%; *Uta squamata*, 9% y *Sceloporus lineatulus* 4%). No se encontraron restos de aves en ningún tipo de muestra. No existieron diferencias significativas en la alimentación en función de la coloración ni el sexo, sin embargo, se observaron cambios ontogénicos en su dieta, dado que los juveniles se alimentaron principalmente de lagartijas y los adultos de roedores.

Los individuos adultos no mostraron preferencias estacionales por laderas o arroyos, a pesar que las primeras presentaron mayor densidad de plantas entre 0 y 60 cm de altura, de biznagas mayores de 60 cm y de rocas mayores de 50 cm; por el contrario, las crías se observaron significativamente en mayor proporción sobre los arroyos ( $X^2 = 15.29$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.001$ ). No se encontraron diferencias en el uso del hábitat entre sexos ni coloraciones.

Se concluye que *C. catalinensis* muestra preferencias por determinados elementos de su espectro ecológico en diferentes etapas de su vida, puesto que presentó cambios ontogénicos en su dieta y uso del hábitat. A excepción de la pérdida del cascabel, *C. catalinensis* no muestra caracteres derivados de su aislamiento geográfico.

Se sugiere mantener a *C. catalinensis* bajo la categoría de amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2001, conforme al método de evaluación de riesgo de extinción (MER).

Palabras clave: *Crotalus catalinensis*, serpiente de cascabel, Parque Nacional Bahía de Loreto, dieta, abundancia, uso del hábitat.

## ABSTRACT

There are over 100 islands in the Gulf of California with a high number of endemic species of different taxonomic groups. One of the most diverse taxa are the reptiles with over 50% endemism. Their biology, ecology, and conservation status is poorly known. One example is the rattleless rattlesnake *Crotalus catalinensis*, endemic to Isla Santa Catalina in the Parque Nacional Bahía de Loreto in the state of B. C. S. This species suffered predation by feral cats until 2004, was captured for the illegal animal trade, and killed by persons visiting the island. It is considered a threatened species by Mexican law.

To determine the ecological requirements and conservation status of *C. catalinensis*, a team identified some of the biological and environmental variables that influence its distribution and abundance. From 2002-2004, we conducted three to five day field trips on Isla Santa Catalina, with three visits during the dry season (April-June) and six visits during the rainy season (July-October). We carried out night surveys on arroyo bottoms and hillsides at eight localities in search of rattlesnakes to assess abundance.

We recorded sex, color pattern, size (snout-vent length), weight, place of capture and behavior of each snake. We compared diet of each sex, coloration, and age based on scat samples and stomach contents from captured snakes in the field. Snakes were released immediately after recording data. We recorded habitat data by measuring nine structural variables around the capture site and compared habitats between sexes and coloration with a discriminant function analysis.

We captured 204 rattlesnakes, but collected data on 193. An increase in *C. catalinensis*' activity during the rainy season was observed, but we did not find seasonal differences in behavior, sex ratio, or color pattern ratio. However, in most of the surveys, we observed a larger number of brown-faced individuals despite greater difficulty in visually detecting them compared to gray-faced specimens.

Of the snakes that were measured, 20 (9.8%) were climbing on vegetation, within a height ranging from 10 to 75 cm above ground level. We found no significant difference ( $Z = 0.21$ ,  $P > 0.05$ ) between cloacal temperature of snakes on vegetation ( $29.7 \pm 3.3^\circ\text{C}$ ,  $n = 5$ ) and air temperature ( $29.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ,  $n = 5$ ). According to the sex size dimorphism index of Gibbons and Lovich, *C. catalinensis*' males were slightly larger than females (SSD =  $-0.02$ ), but there was no significant difference ( $Z = 0.15$ ,  $P > 0.05$ ) between the size of color morphs (gray phase:  $\bar{X} = 505 \pm 141$  mm,  $n = 61$ ; brown phase:  $\bar{X} = 529 \pm 137$  mm,  $n = 132$ ).

The diet of *C. catalinensis* consists of mammals and reptiles: 71% endemic Isla Santa Catalina deer mouse *Peromyscus slevini*, 16% cachorón *Dipsosaurus catalinensis*; 9% Isla Santa Catalina side-blotched lizard *Uta squamata*, and 4% Isla Santa Catalina spiny lizard *Sceloporus lineatulus*. No bird remains were found in scat or stomach contents in any year

or season. There were no diet differences between sexes and coloration; however, *C. catalinensis* showed ontogenetic shifts in diet.

Plants to 60 cm tall, biznaga cactus taller than 60 cm, and rocks larger than 50 cm were more common on hillsides than in arroyos; however. Adult snakes showed no seasonal habitat preference. Juveniles by contrast, significantly preferred arroyos ( $\chi^2 = 15.29$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.001$ ). We found no significant differences in habitat use by sex and color.

The ontogenetic shifts in diet and use of habitat, indicate that this species shows preferences for certain elements of the ecological spectrum on Isla Santa Catalina according to maturity. With the exception of the loss of the tail rattle, *C. catalinensis* seems to lack other characteristics that could be related to its geographic isolation.

According to an evaluation of the risk of extinction (MER), we recommend that this species should remain classified as “threatened” in the Mexican regulations concerning species protection, NOM-059-SEMARNAT-2001.

Key words: *Crotalus catalinensis*, rattleless rattlesnake, Parque Nacional Bahía de Loreto, diet, abundance, habitat

---

Dr. Gustavo Arnaud Franco  
Director de Tesis

## DEDICATORIA

### ***A mi hermano Sergio***

Por ser mi principal promotor; por tu ejemplo en la vida,  
por tu cariño e inmenso apoyo;  
por tu forma de ser y tus convicciones.  
Por ir cumpliendo tu promesa.

### ***A mis padres, Sergio y Elsa,***

Por darme la vida; por mi crianza y vida en Zacatecas. Por su cariño, educación y  
su ejemplo mediante el trabajo constante y honesto.  
Por enseñarme que en la vida no todo es tan fácil.

### ***A mi abuela Lupe y tío Chalo***

Por su manera crítica de ver la vida;  
por su cariño y su alegría de vivir.

### ***A la familia Avila Rodríguez***

Por formar parte fundamental de mi niñez; por su inmenso cariño.  
Por estar siempre presentes en mí.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al CONACYT por la beca otorgada durante el período 2002-2004.

Al Departamento de Posgrado del CIBNOR, por el apoyo otorgado.

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) por el financiamiento al proyecto: “Restauración ecológica de las islas del Parque Nacional Bahía de Loreto” del que esta investigación formó parte.

A las autoridades del Parque Nacional Bahía de Loreto por las facilidades otorgadas para el trabajo de campo, traslado a la isla y apoyo logístico en algunas salidas de campo.

A mi director de tesis, Dr. Gustavo Arnaud, por darme la oportunidad de realizar la investigación de mis sueños. Gracias Gustavo por sus consejos, por su amistad, por su buen ánimo y disponibilidad en el trabajo de campo, y por escucharme cuando lo necesité.

A todas las personas que participaron en el trabajo de campo: a mis compañeros de proyecto Flor Torres, Víctor Ortiz y Cristian Venegas, por compartir las duras jornadas de trabajo; a Manfred Mainers (FMCN), Eugenia Zarza (UNAM), Sergio Avila, Baltazar (PNBL), Josué Navarro (PNBL), por su desinteresado apoyo a esta investigación. A los técnicos del Laboratorio de Ecología del CIBNOR: Armando Tejas, Abelino Cota, Franco Cota e Israel Guerrero, por su apoyo en campo y en el trabajo de laboratorio; a los capitanes Mario Cota y Enrique Calvillo, por llevarnos en una ocasión a la isla. A la M. en C. Hortencia Obregón del Laboratorio de Carcinología y Macroalgas del CIBNOR, por la toma de fotografías en el microscopio para el análisis de dieta. A la Dra. Paty Galina por el acceso a la Colección Herpetológica del CIBNOR para la observación de ejemplares preservados.

A mi comité tutorial, en especial al Dr. Marcio Martins del Departamento de Ecología, en el Instituto de Biociencias de la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Por su interés desde el principio en esta investigación, por sus valiosas asesorías y por su buena disponibilidad. Por tomarse la molestia de viajar hasta Baja California con recursos propios para asistir a la defensa de esta tesis. Obrigado por tudo!

A los pescadores: Nicolás Villalejo, por su sabiduría, buen humor y picardía; Manuel Villalejo, por tu disponibilidad y buen ánimo. Gracias a ambos por llevarnos y traernos a salvo de la isla durante dos años de trabajo.

A mi compañero y amigo, Jesús Sigala y familia, por inducir mi interés por las serpientes de cascabel. Por tu entusiasmo para el trabajo e interés sobre este grupo. Por ese viaje a la Península de Baja California donde descubrí a esta maravillosa cascabel. Por tu apoyo durante el desarrollo de mi tesis.

A Paloma Valdivia e Ibeth Posada, por su amistad desde la universidad, por haberme alentado a ingresar a la maestría y por su apoyo a mi llegada a La Paz.

A Laura Rivera, por tu apoyo y consejos, por tu cariño y amistad, por ser un ejemplo para mí. Gracias por ser como una hermana.

Al personal de la biblioteca: Ana María, Tony, Chabelita y Susy, por el excelente trato, por desempeñar su labor con calidad, y por su valiosa amistad.

A Horacio Sandoval y Manuel Melero de la Sala de Cómputo de Posgrado, por su ayuda y buen trato durante el curso de mis estudios.

A Reyna Rubí Romero y Adriana Landa del Departamento de Promoción y Difusión, por su apoyo en el diseño e impresión de las portadas de la tesis.

Al Serpentario de La Paz: Víctor, Lety y familia, por su apoyo mediante el préstamo de equipo de campo, por las facilidades dentro de sus instalaciones para la observación de serpientes en cautiverio, y, sobre todo, por su gran amistad.

A mis amigos en Zacatecas: Karla Castañeda, por tu incondicional amistad después de tantos años. Ricardo Galván, Jaime Esparza, familia Sánchez Dueñas, familia Vidales Soto, familia Urrutia Román, familia Moyano Romero, familia Aguilera, simplemente por ser tan importantes para mí.

A mis amigos y compañeros en La Paz: Bruno Granados, Aline Jaimes, Israel Guerrero y familia, Erika Velázquez, Berenice Hernández, Karina López, por compartir momentos tan especiales conmigo.

## CONTENIDO

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS .....	i
COMITÉ TUTORIAL .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	v
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE TABLAS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
1. Las Islas del Golfo de California .....	1
2. Antecedentes de la especie <i>Crotalus catalinensis</i> .....	2
3. Escenario sobre su estado de conservación .....	4
4. Generalidades sobre las serpientes de cascabel .....	7
4.1. Clasificación .....	7
4.2. Diversidad .....	8
4.3. Distribución .....	9
4.4. Características distintivas .....	10
4.5. Cuerpo .....	11
4.6. Tamaño .....	12
4.7. Coloración .....	12
4.8. Dieta .....	13
4.9. Uso de Hábitat .....	15
JUSTIFICACIÓN .....	18
OBJETIVOS .....	20
1. Objetivo General .....	20
2. Objetivos Particulares .....	20
HIPÓTESIS .....	21
ÁREA DE ESTUDIO .....	22
1. Localización .....	22
2. Origen y superficie .....	23
3. Clima .....	23
4. Flora y Fauna .....	24
MÉTODOS .....	26
1. Calendario de trabajo de campo .....	26
2. Datos climáticos .....	29
3. Obtención de datos de abundancia de serpientes .....	29
4. Abundancia Relativa de Serpientes .....	32
4.1. Abundancia relativa mensual (ARM) .....	32
4.2. ARM y clima .....	33

4.3. Abundancia mensual esperada.....	33
4.4. Abundancia relativa estacional (ARE) .....	35
5. Datos biológicos y ecológicos .....	36
5.1. Captura y manipulación de serpientes .....	36
5.2. Datos del sitio de colecta .....	37
5.2.1. Lugar de colecta.....	37
5.3. Postura .....	38
5.3.1. Hábitos arborícolas .....	39
5.4. Coloración.....	39
5.5. Tamaño .....	40
5.5.1. Dimorfismo sexual por tamaño.....	41
5.6. Peso.....	42
5.7. Clases de edad.....	42
5.7.1. Criterio de clasificación de clases de edad .....	42
5.8. Sexo .....	43
6. Dieta.....	44
6.1. Contenidos estomacales.....	45
6.2. Períodos de forrajeo .....	45
6.3. Excretas.....	46
6.4. Información de referencia.....	46
6.5. Análisis de contenidos estomacales.....	47
6.6. Análisis de excretas .....	47
6.7. Análisis de datos .....	48
6.8. Cambios ontogénicos en dieta .....	48
7. Caracterización del hábitat.....	49
7.1. Análisis de datos del hábitat .....	52
8. Análisis del estado de conservación de <i>C. catalinensis</i> .....	53
RESULTADOS .....	54
1. Datos climáticos.....	54
1.1. Temperatura .....	54
1.2. Precipitación .....	55
1.3. Humedad.....	56
2. Abundancia Relativa de Serpientes .....	57
2.1. Abundancia relativa mensual (ARM).....	57
2.2. ARM y clima .....	59
2.3. Abundancia mensual esperada.....	59
2.4. Abundancia relativa estacional (ARE) .....	60
3. Datos biológicos y ecológicos .....	61

3.1. Lugar de colecta.....	62
3.2. Postura .....	64
3.2.1. Hábitos arborícolas .....	65
3.3. Variación mensual en coloración.....	67
3.4. Tamaño .....	70
3.4.1. Dimorfismo sexual por tamaño.....	71
3.5. Peso.....	72
3.6. Variación mensual en clases de edad.....	73
3.7. Variación mensual en sexo .....	74
4. Dieta.....	75
4.1. Contenidos estomacales.....	75
4.2. Excretas.....	78
4.3. Comparación de dieta entre grupos .....	81
5. Hábitat.....	82
6. Estado de conservación de <i>C. catalinensis</i> (MER).....	89
DISCUSIÓN .....	93
1. Abundancia .....	93
2. Patrón de actividad de <i>C. catalinensis</i> .....	95
3. Datos biológicos y ecológicos .....	98
3.1. Hábitos arborícolas .....	99
3.2. Variación mensual en coloración.....	101
3.2.1. Punta arenas .....	103
3.3. Tamaño y peso .....	104
3.3.1. Dimorfismo sexual.....	105
3.4. Variación mensual en clases de edad y sexos.....	106
4. Dieta.....	108
4.1. Dieta y pérdida del cascabel en <i>C. catalinensis</i> .....	111
4.2. Cambios ontogénicos en dieta .....	113
4.4. Comparación de la dieta entre grupos.....	114
5. Uso del Hábitat .....	116
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES.....	122
LITERATURA CITADA .....	124
APÉNDICES .....	138
Apéndice I.....	138
Apéndice II .....	139
Apéndice III.....	140
Apéndice IV.....	141

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Ausencia de cascabel en <i>C. catalinensis</i> .....	33
<b>Figura 2.</b>	Divisiones del cuerpo y medidas somáticas de serpientes.....	11
<b>Figura 3.</b>	Ubicación de la Isla Santa Catalina en el Golfo de California, Baja California Sur .....	22
<b>Figura 4.</b>	Localidades visitadas para el trabajo de campo en la Isla Santa Catalina.....	27
<b>Figura 5.</b>	Dirección de desplazamiento para la búsqueda de serpientes en cada localidad (cañada) .....	31
<b>Figura 6.</b>	Manipulación de una serpiente “entubada”.....	36
<b>Figura 7.</b>	Determinación del sexo en serpientes mediante prueba cloacal .....	44
<b>Figura 8.</b>	Esquema de la toma de datos de hábitat de <i>C. catalinensis</i> .....	50
<b>Figura 9.</b>	Temperatura media mensual del aire de la estación meteorológica de Loreto, B.C.S., durante los años 2003 y 2004.....	55
<b>Figura 10.</b>	Lluvia total mensual registrada en la estación meteorológica de Loreto, B.C.S. en 2003 y 2004 .....	56
<b>Figura 11.</b>	Porcentaje de humedad mensual registrada en la estación meteorológica de Loreto, B.C.S. en 2003 y 2004.....	57
<b>Figura 12.</b>	Valores de ARM en el período abril-octubre.....	58
<b>Figura 13.</b>	Número de serpientes <i>C. catalinensis</i> observadas y esperadas.....	60
<b>Figura 14.</b>	Variación mensual en la proporción de individuos adultos (LHC > 380 mm) capturados en arroyo o ladera.....	63
<b>Figura 15.</b>	Variación mensual en la proporción de juveniles (LHC ≤ 380 mm) capturados en arroyo o ladera.....	64
<b>Figura 16.</b>	Variación mensual en el comportamiento de <i>C. catalinensis</i> al momento de ser capturada.....	65
<b>Figura 17.</b>	Proporción mensual de las serpientes encontradas sobre la vegetación o el suelo.....	66
<b>Figura 18.</b>	Altura sobre el nivel del suelo de las serpientes sobre la vegetación.....	67
<b>Figura 19.</b>	Variación en la proporción de individuos con coloración clara u oscura hallados mensualmente.....	68
<b>Figura 20.</b>	Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes capturadas por mes de muestreo en el período 2003-2004.....	70
<b>Figura 21.</b>	Log LHC vs. Log peso.....	72
<b>Figura 22.</b>	Variación mensual en el número de juveniles (LHC ≤ 380 mm) y adultos de <i>C. catalinensis</i> .....	73
<b>Figura 23.</b>	Variación en el número de individuos machos, hembras y de sexo indeterminado hallados mensualmente.....	75
<b>Figura 24.</b>	Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes con contenido estomacal (n = 15) y taxón de la presa encontrada.....	76
<b>Figura 25.</b>	Proporción mensual de serpientes con contenido estomacal.....	77

<b>Figura 26.</b> Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes con excreta identificada (n = 75) y taxón de la presa.....	78
<b>Figura 27.</b> Vestigios de presas en las excretas de <i>C. catalinensis</i> .....	79
<b>Figura 28.</b> Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes que se alimentaron de diferentes especies de lagartija.....	79
<b>Figura 29.</b> Ubicación de los individuos en arroyo o ladera con respecto a su centroide .....	86



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla I.</b>	Calendario de visitas a la Isla Santa Catalina en el período 2002-2004.....	26
<b>Tabla II.</b>	Localidades de la Isla Santa Catalina visitadas por mes de muestreo .....	28
<b>Tabla III.</b>	Participantes en las salidas de campo a la Isla Santa Catalina en el período 2003-2004.....	30
<b>Tabla IV.</b>	VARIABLES propuestas para la caracterización del hábitat de la serpiente <i>C. catalinensis</i> .....	51
<b>Tabla V.</b>	Esfuerzo de búsqueda, serpientes observadas y ARM durante las dos temporadas de muestreo.....	58
<b>Tabla VI.</b>	Esfuerzo relativo mensual (ERM), valores observados y esperados de serpientes en el período abril-octubre .....	59
<b>Tabla VII.</b>	Esfuerzo de búsqueda y serpientes observadas por estación.....	61
<b>Tabla VIII.</b>	Número de serpientes observadas (Obs.) y procesadas (Proc.) por mes de muestreo.....	61
<b>Tabla IX.</b>	Esfuerzo de captura e individuos capturados por tipo de hábitat.....	62
<b>Tabla X.</b>	Número de serpientes juveniles (J) y adultos (A) capturadas por tipo de hábitat en cañadas.....	63
<b>Tabla XI.</b>	Número de serpientes enroscadas (ENR.) o en movimiento (MOV.) por estación de muestreo.....	65
<b>Tabla XII.</b>	Número y porcentaje de individuos de coloración clara u oscura observados por temporada.....	68
<b>Tabla XIII.</b>	Número y porcentaje de individuos de coloración clara u oscura por tipo de hábitat.....	69
<b>Tabla XIV.</b>	Número y porcentaje de machos, hembras e individuos de sexo indeterminado con diferente coloración.....	69
<b>Tabla XV.</b>	Promedio, desviación estándar (D.E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) por coloración.....	70
<b>Tabla XVI.</b>	Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de serpientes adultas por sexo.....	71
<b>Tabla XVII.</b>	Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de todos los individuos por sexo.....	71
<b>Tabla XVIII.</b>	Número de serpientes juveniles (JUV.) y adultas (ADULT.) capturadas por temporada.....	73
<b>Tabla XIX.</b>	Número de individuos por sexo encontrados durante la estación seca y de lluvias.....	74
<b>Tabla XX.</b>	Tipo, frecuencia y porcentaje de presas en la dieta de <i>C. catalinensis</i> por estación.....	80

<b>Tabla XXI.</b>	Frecuencia de aparición del tipo de presa en excretas y contenidos estomacales al clasificar a las serpientes por su color, sexo, clase de edad, temporada y lugar de captura.....	81
<b>Tabla XXII.</b>	Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de las serpientes que se alimentaron de lagartijas y ratones.....	82
<b>Tabla XXIII.</b>	Resultados del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso del hábitat entre sexos, coloraciones y sitio de captura .....	83
<b>Tabla XXIV.</b>	Frecuencia de aparición de sexos y coloraciones por tipo de hábitat.....	84
<b>Tabla XXV.</b>	Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar a los individuos por sitio de captura (arroyo o ladera).....	85
<b>Tabla XXVI.</b>	Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sitio de captura.....	85
<b>Tabla XXVII.</b>	Resultados del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso del hábitat entre sexos y coloraciones por lugar de captura.....	87
<b>Tabla XXVIII.</b>	Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) de la matriz de ocho grupo.....	88
<b>Tabla XXIX.</b>	Correlación entre las variables originales y la única función discriminante significativa generada con ocho grupos.....	89
<b>Tabla XXX.</b>	Resultados del Método de Evaluación del Riesgo de extinción (MER) aplicado a la especie <i>C. catalinensis</i> .....	92

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. Las Islas del Golfo de California**

El Golfo de California o Mar de Cortés, es el cuerpo de agua que separa a la Península de Baja California del resto de México; en él existen más de 100 islas e islotes que se formaron durante el proceso de separación de la península hace aproximadamente cuatro millones de años (Carreño y Helenes, 2002).

Además de su relevancia económica y de su trascendencia histórica y cultural, las Islas del Golfo de California son importantes por su relevancia ecológica, la cual se manifiesta en la presencia de numerosas colonias de aves y mamíferos marinos, existencia de áreas de descanso para especies migratorias, así como la presencia de un alto número de especies endémicas de varios grupos taxonómicos (CONANP, 2000a).

De la fauna terrestre que habita en las islas, sobresale el grupo de los reptiles, el cual se compone de más de 115 especies, y de las que casi el 50% son endémicas; éstas en su mayoría son lagartijas, y en menor número serpientes y tortugas (Grismer, 1999). Las serpientes, que están representadas principalmente por especies pertenecientes a las familias Colubridae y Viperidae, presentan un alto número de endemismos insulares.

## 2. Antecedentes de la especie *Crotalus catalinensis*

La “víbora de cascabel sin cascabel” *Crotalus catalinensis* (Cliff, 1954), es endémica y constituye el único representante de la familia Viperidae de la Isla Santa Catalina (Campbell y Lamar, 1989; Beaman y Wong, 2001; Grismer, 1999, 2002). Es una serpiente delgada de tamaño mediano (680 mm longitud hocico-cloaca -LHC- media, 731 mm máxima LHC reportada), cuyos individuos de ambos sexos pueden presentar dos coloraciones: café o gris claro (Beaman y Wong, 2001). Se encuentra activa desde marzo hasta octubre, presentando hábitos diurnos y nocturnos en los primeros y últimos meses de su período de actividad (los meses más frescos), y tornándose totalmente nocturna en los meses más cálidos (mayo-agosto) (Grismer, 2002).

Dos de los aspectos más notables de esta especie son su incapacidad de formar el típico cascabel (fig. 1), y sus supuestos hábitos arborícolas. Radcliffe y Maslin (1975), Greene (1997) y Rubio (1998), propusieron que la pérdida del cascabel se pudo deber a la ausencia de depredadores naturales en la isla, argumentando que ello restó utilidad a este dispositivo para ahuyentar potenciales amenazas. Por otro lado, Ottley y Murphy (1983), Greene (1997) y Grismer (2002), mencionaron que es una adaptación para cazar aves, pues una estructura sonora como el cascabel revelaría su presencia y ahuyentaría a sus presas al tratar de capturarlas sobre la vegetación. Finalmente, Greene (1997) también sugirió que la pérdida del cascabel pudo deberse a modificaciones en los genes que controlan su formación.



**Figura 1.** Ausencia de cascabel en *C. catalinensis*.

En general, el conocimiento de la biología y ecología de esta especie es muy escaso, aunque se tienen algunos trabajos como el de Murphy y Crabtree (1985), quienes analizaron sus relaciones filogenéticas y mostraron que está estrechamente emparentada con *C. ruber* y *C. atrox*, que se distribuyen en la Península de Baja California, y al sur de Estados Unidos y norte de México, respectivamente.

Glenn y Straight (1985) en un estudio comparativo de la composición bioquímica de los venenos de siete especies de cascabel de Baja California, encontraron que el veneno de *C. catalinensis* no mostró diferencias respecto al patrón general de las cascabeles, a pesar de ser habitante de una isla remota.

En cuanto a su dieta, Grismer (2002) reportó algunas especies encontradas en sus excretas, como el ratón endémico (*Peromyscus slevini*), el pájaro zacatonero de garganta negra (*Amphispiza bilineata*) y la lagartija (*Sceloporus lineatulus*); por su parte, Avila-

Villegas *et al.* (2004) mencionaron el hallazgo del ratón *P. slevini* en los contenidos estomacales de dos individuos.

Respecto a su reproducción, Goldberg y Beaman (2003) sugirieron que las cópulas se presentan a finales de marzo, mientras que Grismer (2002) reportó que los nacimientos de las crías se dan entre los meses de julio y agosto, con camadas de dos a tres individuos.

Finalmente, en lo que respecta a su estatus de conservación, esta especie se encuentra incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT 2001, bajo la categoría de Amenazada (Diario Oficial de la Federación, 2002).

### **3. Escenario sobre su estado de conservación**

Dodd (1984) mencionó que todas las serpientes de cascabel de las Islas del Golfo de California deberían ser consideradas como prioritarias para la conservación, sin embargo, hasta el momento no se cuenta con estudios al respecto en ninguna de estas especies, y la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina *C. catalinensis*, no es la excepción. El desconocimiento de su estado de conservación es tal, que en 2002 la administración del Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) consideró a esta especie como “poco abundante” o “muy difícil de observar”.

Por el hecho de habitar una isla, teóricamente la población de *C. catalinensis* enfrenta factores adversos como la estocasticidad demográfica, estocasticidad ambiental y

pérdida de variabilidad genética (Caughley y Gunn, 1996), sin embargo, hasta la fecha no existen estudios que lo confirmen.

Por otra parte, los efectos derivados de las actividades humanas que se llevan a cabo en la Isla Santa Catalina representan una evidente amenaza para esta especie. Ésta es visitada por pescadores, turistas, personal del PNBL, técnicos de ONG's e investigadores (CONANP, 2000b); así como también por traficantes. Los pescadores, por ejemplo, establecen campamentos en algunas playas donde permanecen una o dos semanas mientras realizan actividades de pesca en los alrededores de la isla. Algunos de ellos han mencionado que en sus incursiones en la isla (para buscar leña, ir a defecar o para cruzar de una playa a otra a través de una vereda), matan a las serpientes de cascabel cuando las encuentran en su camino por el temor que les causan.

Por otro lado, la colecta, comercio y tráfico ilegal de especies, ponen en riesgo a la población de *C. catalinensis* y demás especies de reptiles de la Isla Santa Catalina. En ella se han encontrado algunas “trampas de caída” abandonadas (grandes botes de plástico enterrados dentro de los que caen animales pequeños), en las que había varios individuos muertos de diferentes especies de reptiles. Asimismo, pescadores de la isla comentaron que en el pasado llegaron a advertir la presencia de personas colectando reptiles en bolsas de tela y llevándolas consigo. Mellink (1995) hizo una revisión del fuerte impacto negativo que las poblaciones de reptiles de la Península de Baja California sufren debido a la colecta y tráfico ilegales, y señaló que las especies endémicas insulares, como *C. catalinensis*, son las más cotizadas en el mercado extranjero y, por lo tanto, las más amenazadas. Subrayó

que dicha amenaza se debe tanto a la extracción de individuos por colecta, como a la destrucción de su hábitat durante su búsqueda.

Finalmente, otra amenaza provocada por la presencia del hombre en la Isla Santa Catalina, que es común para otras Islas del Golfo de California, y que constituye una de las principales causas de pérdida de su biodiversidad, es la introducción de especies exóticas como el gato feral (*Felis catus*), reportado en Santa Catalina desde 1994 (Wood, *et al.*, 2002). Se ha observado que esta especie exótica incide negativamente sobre las poblaciones de varias especies isleñas de reptiles (Osorio-Beristain y Torres, 1992; Ashton, 2000; Wood, *et al.*, 2002), y el caso de la Isla Santa Catalina tampoco es la excepción. Muestra de ello, son los resultados del análisis de excretas del gato feral de esta isla obtenidos por Arnaud en el 2002 (comunicación personal), donde, además de otros reptiles, se encontraron restos de *C. catalinensis* en el 13% de 11 excretas analizadas.

Debido a la amenaza que el gato feral representaba para todas las especies de la Isla Santa Catalina, a partir de 2001 se llevó a cabo un proyecto de erradicación dirigido por la organización Island Conservation and Ecology Group (Wood, *et al.*, 2002), por lo que a partir de 2004, se considera aparentemente erradicado de la isla (Tershy, B., comunicación personal). No obstante el carácter conservacionista de este proyecto, también tuvo efectos negativos sobre las especies de la isla, incluyendo a *C. catalinensis*. Por ejemplo, en mayo de 2003 un “trampero” entrevistado en la isla, mencionó que durante sus visitas para colocar trampas (cepos) para la captura de gatos, llegó a matar serpientes de cascabel por miedo a ser mordido.



De esta forma, son varias las actividades humanas que actualmente se llevan a cabo en la Isla Santa Catalina; algunas de ellas no afectan directamente a las serpientes de cascabel, como la pesca, y otras incluso tienen como objetivo la conservación de las mismas (y otras especies). Sin embargo, casi todas propician el encuentro de las personas con la fauna local; muchos de estos encuentros son fatales para las serpientes de cascabel que, debido a la ignorancia, la falta de información o capacitación, y al miedo que las personas generalmente sienten hacia ellas, son muertas inmediatamente.

#### **4. Generalidades sobre las serpientes de cascabel**

##### **4.1. Clasificación**

La clase Reptilia, es un grupo parafilético (no incluye a las aves, a pesar que descienden de un mismo ancestro) (Meyer y Zardoya, 2003), que se encuentra agrupado en los órdenes Chelonia (tortugas), Crocodylia (cocodrilos y lagartos), Sphenodontia (tuátaras) y Squamata (lagartijas, anfisbénidos y serpientes) (Coborn, 1994). Las serpientes de cascabel pertenecen a la familia Viperidae, que se divide en la subfamilia Crotalinae (Pit vipers), donde están las cascabeles y otros vipéridos de América, y en la subfamilia Viperinae (Vipers) que incluye los vipéridos del Viejo Mundo (Greene, 1997).

Las especies de la subfamilia Crotalinae (con 16 géneros), se caracterizan por presentar un par de fosetas termorreceptoras (“pits” en inglés) a cada lado del rostro, entre la narina y el ojo, razón por la cual se les denomina Pitvipers (con foseta). La mayoría de

estas serpientes tiene la punta de la cola endurecida a manera de espina terminal, que al ser vibrada y golpeada contra el sustrato, produce un sonido similar a un rápido tamborileo. Únicamente los géneros *Crotalus* y *Sistrurus* presentan un cascabel verdadero, compuesto por una serie de segmentos córneos en la punta de la cola que al ser vibrados producen un ruido característico, constituyendo así a las “serpientes de cascabel” (Greene, 1997).

#### 4.2. Diversidad

Las serpientes de cascabel son poco conocidas ecológica y taxonómicamente (Armstrong y Murphy, 1979; Campbell y Lamar, 1989), de tal forma que diversos autores reconocen diferente número de especies debido a que no existe un consenso en cuanto a su taxonomía (Armstrong y Murphy, 1979; Klauber, 1982; Campbell y Lamar, 1989; Rubio, 1998). Esta variación se debe primordialmente a la reclasificación de especies en subespecies o viceversa, principalmente en las formas insulares (Klauber, 1982; Campbell y Lamar, 1989; Rubio, 1998; Grismer, 2002); a la creación de nuevas subespecies o rechazo de especies antes propuestas (Campbell y Lamar, 1989), así como a la creación de nuevas especies conforme se exploran nuevas áreas (Klauber, 1982; Alvarado-Díaz y Campbell, 2004). Por ejemplo, Armstrong y Murphy (1979) propusieron para México 22 especies del género *Crotalus* y una del género *Sistrurus*; posteriormente Klauber (1982), reportó un total de 28 especies de *Crotalus* y tres de *Sistrurus*. Campbell y Lamar (1989) publicaron una lista de 26 spp. de *Crotalus* y dos de *Sistrurus*, mientras que Mattison (1996) reportó 27 especies de *Crotalus* y tres de *Sistrurus*. Un año después, Greene (1997), presentó un listado de 30 spp. de *Crotalus* y tres de *Sistrurus*; al año siguiente Rubio

(1998), reportó 29 spp. del género *Crotalus* y tres de *Sistrurus*. McDiarmid *et al.* (1999) reconocieron 32 especies de cascabel (29 de *Crotalus* y tres de *Sistrurus*) y más recientemente, Campbell y Lamar (2004) presentaron una nueva lista en la que se encontraron 27 especies de *Crotalus* y tres de *Sistrurus*. Finalmente, Alvarado-Díaz y Campbell (2004), describieron una nueva especie de cascabel para México (Tancítaro, Michoacán), *Crotalus tancitarensis*, que se suma al número propuesto por Campbell y Lamar (2004).

Es posible que estas cifras sigan cambiando en tanto que no se tenga una base más sólida para la clasificación y definitiva separación de las especies o subespecies como la molecular, mediante estudios de ADN (Rubio, 1998).

### **4.3. Distribución**

Las serpientes de cascabel existen únicamente en el Continente Americano. Varios autores concuerdan en que éstas se originaron en la Sierra Madre Occidental en México y se dispersaron hacia el norte y hacia el sur (Gloyd, 1940; Place y Abramson, 2004), por lo que pueden ser encontradas desde Canadá hasta Argentina, dentro del intervalo de los 51°N a los 35°S (Klauber, 1982). A lo largo de este territorio, ocupan diferentes hábitats como desiertos, dunas, bosques, selvas, valles y montañas (Klauber, 1982). Altitudinalmente, pueden ser encontradas desde el nivel del mar (o debajo de éste en algunos sitios bajos), hasta los 4,300 msnm (Campbell y Lamar, 1989).

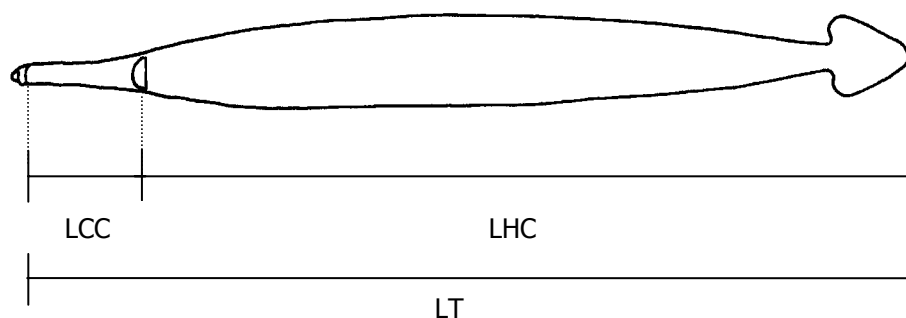
Los principales factores que afectan su distribución son el alimento, el clima y los refugios disponibles (Klauber, 1987), de tal forma que se pueden encontrar especies con distribución muy amplia como *Crotalus durissus* que ocupa desde los 24°N en México hasta los 35°S en Argentina o *C. molossus* que ocupa casi todo el territorio mexicano; o especies con distribución muy restringida como las encontradas en algunas islas del Golfo de California, como *C. catalinensis* (endémica de la Isla Santa Catalina, B.C.S.), *C. tortuguensis* (endémica de la Isla Tortuga, Sonora), *C. exul* (endémica de la Isla Cedros, B.C.), o las encontradas en pequeñas regiones montañosas cuya especificidad de su hábitat se considera como “islas ecológicas”, por ejemplo, *C. lannomi* (habitante de una pequeña región de Jalisco), *C. stejnegeri* (encontrada en una pequeña región de la Sierra Madre Occidental entre Durango y Sinaloa) y *C. pusillus* (distribuida en una pequeña región entre Jalisco y Michoacán) (Mattison, 1996).

#### **4.4. Características distintivas**

Son varias las características particulares de estas serpientes, sin embargo la más peculiar es el cascabel al final de la cola, aunque existen algunas especies que han perdido la capacidad de formarlo como *C. catalinensis* y algunos individuos de *C. lorenzoensis* y *C. estebanensis*, todas endémicas de islas del Golfo de California (Grismer, 2002). Otras particularidades que presentan estas serpientes son la cabeza en forma triangular o de corazón (por la presencia de una glándula venenosa atrás y a cada lado de la cabeza), así como la pupila vertical (Rubio, 1998).

#### 4.5. Cuerpo

El cuerpo de las serpientes se puede dividir en tres partes: cabeza, tórax y cola. El tamaño de la cabeza en proporción al resto del cuerpo es muy variable entre las diferentes especies (Klauber, 1982). El cuerpo, que va desde el hocico hasta el límite posterior de la escama anal (longitud hocico-cloaca -LHC-, fig. 2), es la región más importante para tener una idea del tamaño corporal de una serpiente, ya que la longitud de la cola es muy variable en todas las especies y algunas veces ésta se encuentra incompleta (Fitch, 1993). En las cascabeles, la longitud de la cola es menor que en la mayor parte de las serpientes. Ésta comprende desde el límite inferior de la escama anal hasta la base del cascabel (Fitch, 1993), y posee los músculos vibradores del mismo, así como también contiene los hemipenes invertidos en los machos (Klauber, 1982).



**Figura 2.** Divisiones del cuerpo y medidas somáticas de serpientes.  
LCC = longitud cloaca-cola, LHC = longitud hocico-cloaca,  
LT = longitud total.

#### 4.6. Tamaño

El tamaño de las cascabeles varía dependiendo de la especie que se trate. Las más grandes como *C. basiliscus* y *C. adamanteus* llegan a medir hasta 2.0 metros de longitud. Las especies de menor tamaño, tales como *C. pricei*, y *C. pusillus* que viven en zonas montañosas, llegan a tener una longitud media entre los 0.5 y 0.75 m (Mattison, 1996).

#### 4.7. Coloración

Dado que generalmente cada especie presenta el color del entorno en que se encuentra, la coloración de las cascabeles es muy variable. Existen especies café, café rojizo, café amarillento, rojizas, gris, gris amarillento, gris verdoso, gris claro, salmón, etc., todas con tonalidades que aparentemente les ayudan a pasar inadvertidas mientras descansan, se asolean o esperan inmóviles el paso de una presa (Mattisson, 1996). Algunas veces pueden presentarse también fenómenos de albinismo o melanismo en algunos individuos (Rubio, 1998). Existen especies que pueden presentar dos fases de coloración como *C. catalinensis* (Beaman y Wong, 2001), y en otras más, dimorfismo sexual como *C. lepidus* (Campbell y Lamar, 1989).

Sin importar cual sea su patrón de coloración, en general (salvo algunas excepciones), todas las especies de serpiente de cascabel lo presentan como una serie de hexágonos más oscuros en el dorso, bordeados por escamas claras, que en la parte posterior del cuerpo se transforman en bandas transversales sobre un fondo más claro

(Klauber, 1982). Las escamas de su cuerpo están organizadas en patrones regulares, cuyas series pueden ser contadas con precisión. El arreglo de escamas es de gran importancia para su clasificación, principalmente en la cabeza, a tal grado que especies similares en forma, tamaño y color, pueden ser distinguidas por las diferencias en el conteo de estas escamas (Klauber, 1982).

#### **4.8. Dieta**

Todas las serpientes son depredadores (Greene, 1997), las de cascabel, son cazadoras muy especializadas que basan su dieta principalmente en vertebrados, alimentándose de mamíferos, reptiles y aves en dicho orden de importancia (Mushinsky, 1987; Martins, *et al.*, 2002). Sin embargo, existen algunas especies que se alimentan de artrópodos como miriápodos del género *Scolopendra*, y otras de anfibios como ranas y salamandras (Rubio, 1998). También se han reportado casos de cascabeles ingiriendo huevos de ave (Klauber, 1982), e incluso, hay registros de canibalismo en varias especies (Prival *et al.*, 2002).

Muchas familias de serpientes, entre las que se incluye a las de cascabel, presentan cambios ontogénicos en su dieta, es decir, cambios en la frecuencia de ingestión de los tipos de presa (mamíferos, reptiles, aves, etc.) durante su desarrollo. Generalmente, esto se atribuye a los cambios que las propias serpientes sufren al madurar, tales como diferente comportamiento, diferente morfología y fisiología, e incremento en tamaño (Mushinsky, 1987), que provocan diferencias en su capacidad para inmovilizar, matar e ingerir a sus

presas. En general, el tamaño parece ser el más importante, dado que se ha observado que individuos más grandes y robustos consumen presas más grandes (Mushinsky, 1987; Arnold, 2001; Martins, *et al.*, 2002). Por ejemplo, varias especies cuando son juveniles, se alimentan exclusivamente de lagartijas, mientras que por el contrario, lo hacen exclusivamente de mamíferos en estado adulto (Mushinsky, 1987; Rubio, 1998; Holycross y Mackessy, 2002; Martins, *et al.*, 2002; Valdujo *et al.*, 2002). Sin embargo, entre las cascabeles y otros miembros de la subfamilia Crotalinae (p. e. el género *Bothrops* [Martins, *et al.*, 2002]), existen excepciones a esta regla, donde especies de talla pequeña se alimentan tanto de lagartijas como de mamíferos en la edad adulta (Mushinsky, 1987).

Otros factores que determinan el tipo de dieta de una cascabel son la abundancia, períodos y horarios de actividad de sus presas. Según Mattison (1996), las presas más frecuentes en la dieta de las cascabeles son las más comúnmente encontradas en su hábitat y las que presentan horarios de actividad similares. Sin embargo, Arnold (2001), en un análisis más fino sobre las causas de variación de la dieta en serpientes, menciona que se trata de un problema de costo-beneficio, y explica que la selección de las presas está en función del provecho energético que de ellas se obtiene, por lo que las presas difíciles de encontrar, difíciles de atrapar, o difíciles de ingerir, son excluidas de la dieta debido a que no representan ganancia y algunas veces hasta pérdida de energía.



#### 4.9. Uso de Hábitat

Whittaker *et al.* (1973) definen al hábitat como la porción de un espacio multidimensional (determinado por factores ambientales) que ocupa una especie dada. Aunque el hábitat de muchas especies comprende grandes áreas, generalmente la mayoría de éstas no lo ocupa todo, sino que restringe sus actividades a ciertos lugares o “escoge” ciertas áreas (Odum, 1993), también denominadas como “microhábitat” (Reinert, 2001).

Los estudios de uso de hábitat, también conocidos como estudios de “correlación de hábitat”, proporcionan una descripción de las variables ambientales (p.e. cobertura vegetal, temperatura, rocosidad) del microhábitat de una especie, de tal forma que permiten identificar la porción del hábitat en que es más factible encontrarla (Reinert, 2001).

El grupo taxonómico más estudiado en cuanto a su uso y selección de hábitat es el de las aves. Respecto a los reptiles, las lagartijas poseen la mayor cantidad de investigaciones, mientras que las serpientes son el grupo menos estudiado por la dificultad de su observación en campo debido a lo reservado de sus hábitos (Reinert, 2001).

En general, el uso del hábitat de una especie puede variar en función de tres factores fenotípicos: su tamaño corporal, su color y su sexo (Shine, *et al.*, 2003). Dado que en una población se presentan varios estadios fenotípicos, el estudio del uso de hábitat puede revelar las necesidades biológicas de los diferentes segmentos de la misma población. Lo anterior se aplica también a las serpientes, y los pocos estudios realizados en este grupo permiten dar cuenta de ello. Por ejemplo, en cuanto al tamaño, Chandler y Tolson (1990)

encontraron que los juveniles y adultos de *Epicrates monensis* (Boa de la Isla de Mona, Puerto Rico) mostraron diferente uso del hábitat debido a sus diferentes dietas (y por lo tanto, al diferente tipo de hábitat de sus presas), mientras que Shine *et al.* (2002) observaron que los juveniles de *Gloydus shedaoensis* (vipérido insular de la China) presentaron más hábitos arborícolas que los adultos, debido a que ello les permitía tener acceso a presas más fáciles de atrapar.

En cuanto a la coloración, Reinert (1984b), con *Crotalus horridus* (serpiente de cascabel de zonas boscosas de Estados Unidos), la cual presenta dos patrones de coloración, uno claro y otro oscuro, encontró diferencias en el uso del hábitat entre las dos coloraciones, y concluyó que se pudo deber a las diferentes ventajas que cada una confiere para pasar inadvertida ante sus presas y sus depredadores dentro de su respectivo hábitat. Por otra parte, Shine *et al.* (2003) mencionaron que la coloración puede determinar el tiempo que un individuo pasa en un sitio u otro, dado que influencia la tasa de intercambio de calor.

Respecto al sexo, Reinert (1984b), y Reinert y Zappalorti (1988) en sus estudios con una población de *C. horridus*, buscaron diferencias en el uso del hábitat entre machos, hembras no grávidas y hembras grávidas mediante un análisis de funciones discriminantes. Encontraron que las hembras grávidas difirieron de los machos y las hembras no grávidas en cuanto al hábitat usado, y sugirieron que esta diferencia se debió a la necesidad de sitios especiales por parte de las hembras grávidas (más calientes y de menor variación térmica) para el óptimo desarrollo de sus embriones.

Uno de los mayores beneficios del estudio sobre el uso del hábitat en serpientes (y demás grupos taxonómicos), sobre todo en las especies amenazadas, es la importancia de la información obtenida para la toma de decisiones sobre su manejo y estrategias de conservación. Por ejemplo, Webb y Shine (1997) al describir detalladamente los dos tipos de hábitat (bosque y áreas rocosas) que mayormente utiliza la serpiente australiana *Hoplocephalus bungaroides* (Elapidae), hicieron recomendaciones para que la industria maderera considerara las necesidades de hábitat de esta especie amenazada.

Por su parte, Chandler y Tolson (1990) en su estudio con *Epicrates monensis*, concluyeron que las áreas con ciertas especies de plantas dentro de su hábitat son esenciales para su existencia porque su estructura favorece la caza de sus presas, de tal forma que esta serpiente forrajea únicamente en ellas.

Reinert y Zappalorti (1988), a través de su estudio sobre los patrones de movimientos y preferencia del hábitat de *C. horridus*, encontraron que algunas fracciones de su población utilizan áreas de alta actividad humana, y que por lo tanto, están sujetas a muerte y colecta ilegal. Oliveira y Martins (2001) justificaron que el conocimiento del uso del tiempo y espacio de la serpiente *Bothrops atrox* puede ayudar a generar predicciones sobre posibles encuentros con humanos y evitar posibles accidentes, así como para planear futuras investigaciones.

## JUSTIFICACIÓN

México es único y rico en cuanto a su diversidad biológica, por lo que forma parte de los países con mayor biodiversidad del mundo, ocupando el primer lugar en cuanto a la herpetofauna (CONABIO, 2004). Respecto a las serpientes de cascabel, México posee más del 90% de las especies reportadas en el mundo, y presenta un alto número de endemismos. Así, nuestro país tiene el primer lugar en cuanto a diversidad de serpientes de cascabel y es considerado como el centro evolutivo de este grupo (Gloyd, 1940; Armstrong y Murphy, 1979; Klauber, 1982; Greene, 1997; Place y Abramson, 2004).

Una de las regiones más diversas en cuanto a las especies de cascabel en nuestro país es la Península de Baja California, la cual alberga casi la mitad las especies existentes (Grismer, 2002), de las cuales nueve son endémicas y siete de ellas habitan en islas. Desafortunadamente, el conocimiento de la biología y ecología de las cascabeles en México y a nivel mundial es escaso, sobretodo de las especies isleñas (Ashton, 2001).

El desconocimiento del estado de sus poblaciones y de sus requerimientos ecológicos, a la luz de la creciente presión del hombre sobre los recursos naturales, impide que se pueda determinar y evaluar su estado de conservación, y en caso necesario, efectuar las acciones pertinentes para asegurar su permanencia dentro de sus ecosistemas naturales.

La serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina, *C. catalinensis*, es un claro ejemplo de esta carencia de información, dado que la condición de su población es desconocida, a la vez que es sometida a varios factores negativos como matanza, colecta y tráfico de individuos; destrucción de su hábitat e introducción de especies exóticas.

Todos estos agentes representan una amenaza contra la existencia de esta especie que: 1) al ser endémica, 2) tener un rango geográfico circunscrito únicamente a una isla, 3) ser habitante de una Área Natural Protegida (PNBL), y 4) poseer aspectos biológicos como número pequeño de crías, crecimiento lento, maduración tardía y largos lapsos de tiempo entre cada período de cría, constituye una especie vulnerable, una especie considerada Amenazada (Diario Oficial de la Federación, 2002), y por lo tanto, una especie prioritaria para la conservación (Dodd, 1993).

## **OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Determinar las variables biológicas y ambientales que influyen en la distribución y abundancia de la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina, *Crotalus catalinensis*.

### **2. Objetivos Particulares**

Estimar la abundancia y patrón de actividad de *C. catalinensis* durante el período marzo-octubre.

Estimar la abundancia de *C. catalinensis* durante la temporada seca y de lluvias de verano.

Describir el hábitat utilizado por *C. catalinensis*.

Identificar diferencias entre sexos, coloraciones y clases de edad respecto al uso del hábitat.

Describir la dieta de *C. catalinensis*.

Identificar las diferencias en la dieta entre sexos, coloraciones y clases de edad.

Definir el estado de conservación de *C. catalinensis*.

## **HIPÓTESIS**

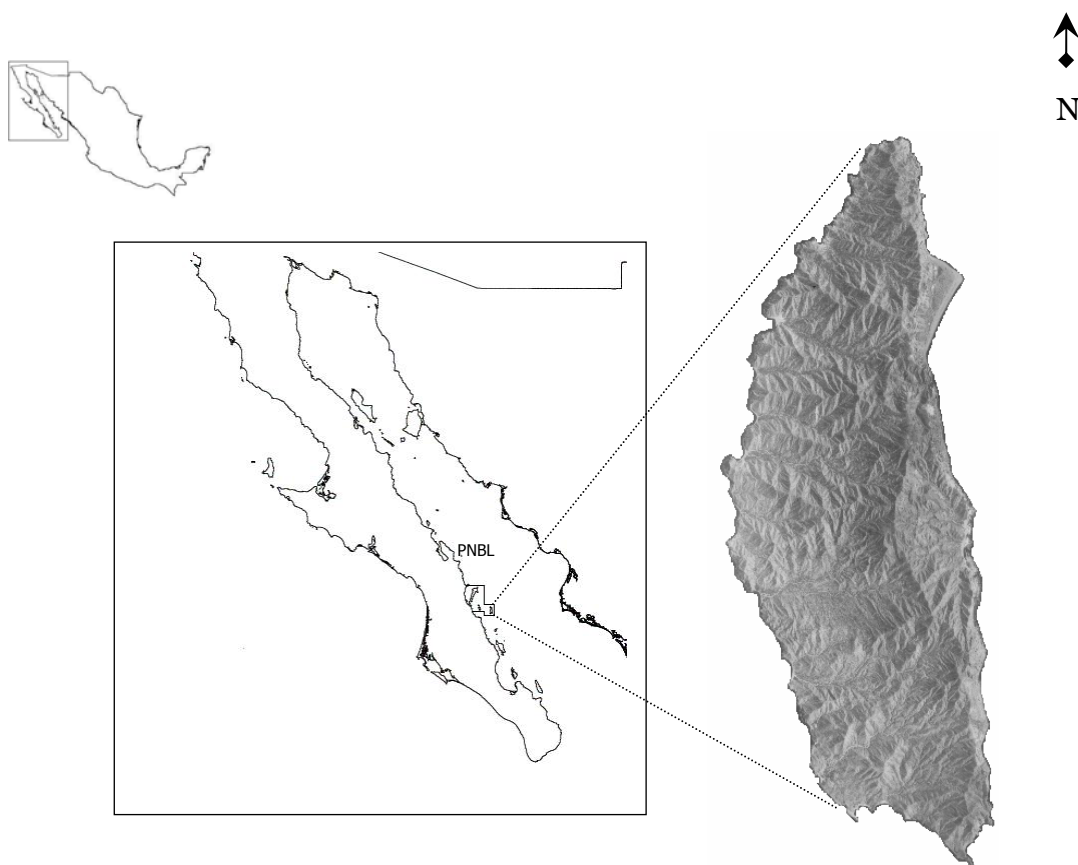
La heterogeneidad ambiental presente en la Isla Santa Catalina, da como resultado una gran variedad de microambientes que se caracterizan por sus diferencias en las asociaciones vegetales, tipos de suelo, porcentaje de rocosidad y tamaño de rocas; así como en el grado de inclinación y exposición de las cadenas montañosas en que se encuentran, influyendo de esta manera en la distribución y abundancia de la fauna local.

Esta variación de microhábitats y de disponibilidad de presas potenciales, asociadas a la variación climática a que se encuentra sometida la Isla Santa Catalina, influyen en la distribución y abundancia de la serpiente de cascabel *C. catalinensis*, la cual, de acuerdo a su estadio biológico (sexo, edad y coloración), muestra preferencias por los elementos del espectro ecológico que mejor satisfacen sus requerimientos de cobertura y alimentación.

## ÁREA DE ESTUDIO

### 1. Localización

La Isla Santa Catalina ( $25^{\circ} 39' 03''$  N y  $110^{\circ} 49' 03''$  O), forma parte del Parque Nacional Bahía de Loreto (PNBL) que se ubica frente a las costas del Municipio del mismo nombre (fig. 3), en la porción centro-este del estado de Baja California Sur, dentro del Golfo de California, México (CONANP-SEMARNAP, 2000; Murphy, *et al.*, 2002).



**Figura 3.** Ubicación de la Isla Santa Catalina en el Golfo de California, Baja California Sur.



## 2. Origen y superficie

La Isla Santa Catalina es una masa granítica que tiene 40.99 km<sup>2</sup> de superficie, con aproximadamente 10 km de largo por 4 km en su parte más ancha. Aunque su edad y origen son inciertos, se cree que se desprendió de la región del Cabo (sur de Baja California) (Murphy *et al.*, 2002).

Esta isla presenta una geografía accidentada compuesta por una cordillera principal que corre de norte a sur, la cual a lo ancho muestra una inclinación que inicia gradualmente desde el lado oeste y termina en un acantilado que se extiende a todo lo largo del lado este. La parte oeste se caracteriza por la presencia de cañadas con laderas rocosas, altas, que tienen una inclinación mayor a los 45°, y que se separan por arroyos arenosos de anchura variable, con pendientes más suaves. El costado este, por su parte, es inaccesible, excepto por una pequeña cañada en su parte media y una pequeña región de la porción noreste, conocida como Punta arenas (fig. 4). Ésta es una planicie de forma triangular que presenta un suelo arenoso el cual se torna rocoso hacia las orillas; su vegetación es dispersa y con pocas cactáceas, además, presenta un manchón de vegetación salina (*Salicornia sp.*) en su porción más norteña.

## 3. Clima

La Isla Santa Catalina se encuentra en una región con un clima del tipo BW(h') hw (x') (e), es decir, muy árido, cálido, con régimen de lluvias en verano (García, 1986). Salinas-Zavala, *et al.* (1990) realizaron una clasificación más detallada del clima de ésta

región y propusieron que se divide en tres épocas pluviométricas: I) estación de secas (de marzo a junio); II) estación de lluvias de verano-otoño (de julio a octubre) que presenta un leve predominio de la actividad ciclónica del Pacífico tropical, y III) estación de lluvias de invierno-primavera (de noviembre a febrero).

#### 4. Flora y Fauna

Esta isla presenta una vegetación del tipo matorral xerófilo sarcocaulé (Wiggins, 1980), con predominancia de matorrales como el copal (*Bursera hindsiana*), el torote rojo (*B. microphylla*), la matacora (*Jatropha cuneata*), el palo fierro (*Olneya tesota*), la pitahaya dulce (*Stenocereus gummosus*) y agria (*S. thurberi*), así como grandes cardones (*Pachycereus pringlei*) y una especie endémica de biznaga gigante (*Ferocactus digueti*) (Wiggins, 1980).

La fauna de vertebrados que presenta se compone de diez especies de reptiles, cuatro especies de mamíferos (una terrestre y tres voladoras), y más de 15 especies de aves. La mayoría de los reptiles son endémicos, entre los que se encuentra: la serpiente de cascabel (*Crotalus catalinensis*), el cachorón (*Dipsosaurus catalinensis*), la iguana (*Sauromalus klauberi*), el bejori (*Sceloporus lineatulus*), la lagartija verde (*Uta squamata*), el güico (*Aspidocelis catalinensis*, antes *Cnemidophorus catalinensis*) y la falsa coral (*Lampropeltis catalinensis*). Las especies no endémicas son: la culebra nocturna (*Hypsiglena torquata*), la serpiente ciega (*Leptotyphlops humilis*) y la salamanesa (*Phyllodactylus bugastrolepis*) (Murphy, 1983; Grismer, 1999, 2002).

Por su parte, los mamíferos están representados por el ratón endémico *Peromyscus slevini* (Hall, 1981) y tres especies de murciélagos (*Antrozous pallidus*, *Corynorhinus townsendii* y *Pipistrellus hesperus*) (ICEG, 2004). Finalmente, algunas aves que la habitan son: el zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata*), el pinzón mexicano (*Carpodacus mexicanus*), el cardenal (*Cardinalis cardinalis*), el verdín (*Auriparus flaviceps*), el colibrí cabeza violeta (*Calypte costae*), entre otras (Cody y Velarde, 2002).

## MÉTODOS

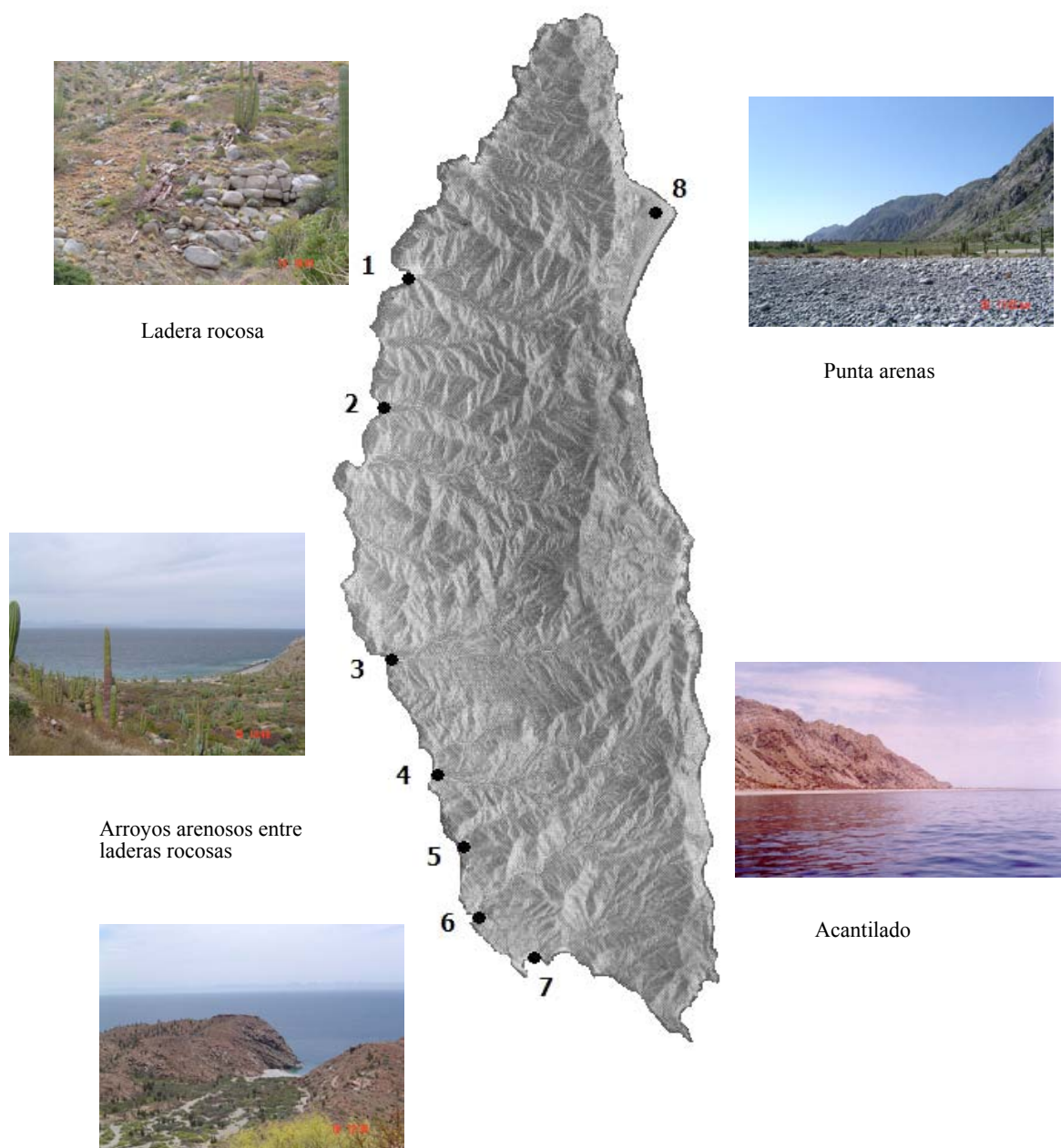
### 1. Calendario de trabajo de campo

Se realizaron nueve visitas a la Isla Santa Catalina entre los años 2002 y 2004, con una duración de tres a cinco días cada una, muestreando una localidad diferente por día. El trabajo de campo se efectuó dentro del período de actividad de la serpiente de cascabel *C. catalinensis*, que comprende desde marzo hasta octubre (Grismer, 2002), con tres muestreos en la temporada seca (marzo-junio) y seis en la de lluvias de verano (julio-octubre).

Los meses de muestreo dentro de cada temporada y año se pueden ver en la tabla I, mientras que las localidades muestreadas se muestran en la tabla II y se pueden observar en la fig. 4.

**Tabla I.** Calendario de visitas a la Isla Santa Catalina en el período 2002-2004.  
(los recuadros marcados representan los meses de muestreo)

	TEMPORADA							
	SECA				LLUVIA			
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
2002								
2003								
2004								



**Figura 4.** Localidades visitadas para el trabajo de campo en la Isla Santa Catalina.

Durante agosto y octubre de 2002, se visitaron todas las cañadas de la parte oeste de la isla para evaluar sus características como: longitud, condiciones de la playa para el desembarque, amplitud del arroyo, así como densidad de vegetación en arroyo y laderas, y con base en éstas se determinó su factibilidad para el muestreo. De esta forma, se seleccionaron los sitios que presentaron: 1) buena accesibilidad para desembarcar, 2) mayor longitud y amplitud de la cañada, y 3) menor densidad de vegetación dentro del arroyo y laderas.

Aunque sólo la mitad de las cañadas cumplió con estos requisitos, lo cual ciertamente representó un sesgo en el muestreo, estas características fueron preferidas dado que permitieron cubrir la mayor área posible para la búsqueda de serpientes tanto en arroyos como en laderas. Se seleccionaron las localidades número uno, dos, tres, siete y ocho (fig. 4) con la intención de tener puntos distribuidos en la isla, aunque, como se puede ver en la tabla II, no en todas las salidas de campo pudieron ser visitadas y se tuvieron que remplazar.

**Tabla II.** Localidades de la Isla Santa Catalina visitadas por mes de muestreo.

	LOCALIDAD								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ABRIL	X	X	X				X	X	5
MAYO		X	X				X		3
JUNIO	X		X		X			X	4
JULIO	X		X	X			X		4
AGOSTO	X	X	X			X	X		5
SEPTIEMBRE	X	X	X					X	4
OCTUBRE	X	X	X				X	X	5
<b>Total</b>	6	5	7	1	1	1	5	4	

En cada muestreo, el trabajo de campo se dividió en tres actividades diferentes: 1) obtención de datos de abundancia de serpientes, 2) toma de datos biológicos y ecológicos de las serpientes capturadas, y 3) caracterización de su hábitat.

## **2. Datos climáticos**

Para monitorear la temperatura y humedad durante el período de la investigación, se colocó un sensor de temperatura y humedad tipo HOBO (Onset computer Corporation) en las cañadas en que se realizó el muestreo (fig. 4). Los sensores fueron sujetos a un arbusto de tal forma que no quedaran expuestos al sol y fueron programados para registrar datos cada 30 min. Asimismo, se adquirieron los datos de temperatura, humedad y precipitación pluvial en el Servicio Meteorológico Nacional, estación Loreto, B. C. S.

## **3. Obtención de datos de abundancia de serpientes**

La estimación de la Abundancia Relativa de Serpientes (ARS) se realizó únicamente durante las salidas de campo de los años 2003 y 2004, de tal forma que se obtuvo una visita por mes dentro del período abril-octubre (tabla I). Las personas que participaron en el trabajo de campo variaron de cuatro a cinco individuos (tabla III), y solamente dos de ellas estuvieron presentes en todos los muestreos, siempre en equipos diferentes.

**Tabla III.** Participantes en las salidas de campo a la Isla Santa Catalina en el período 2003-2004.

	PARTICIPANTES												Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
ABRIL	X	X	X				X						4
MAYO	X	X		X	X	X							5
JUNIO	X	X			X	X							4
JULIO	X	X	X	X									4
AGOSTO	X	X	X									X	4
SEPTIEMBRE	X	X					X		X	X			5
OCTUBRE	X	X		X				X			X		5

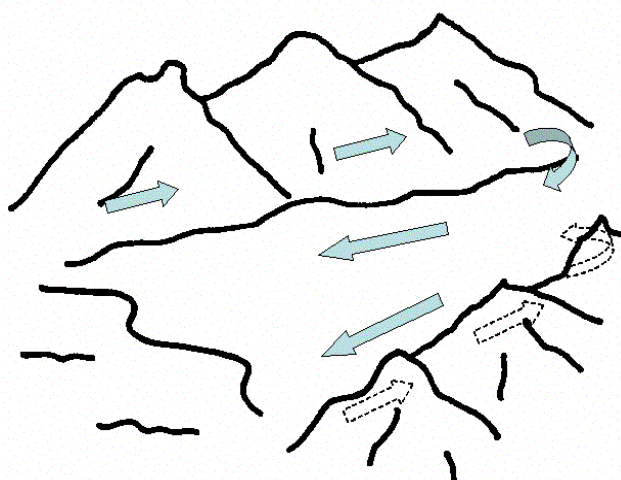
La estimación de la ARS se realizó mediante el índice del número de individuos observados por tiempo de búsqueda (Campbell y Christman, 1982; May, *et al.*, 1996; Oliveira y Martins, 2001), donde la única variable que se controla es el tiempo. Para ello, en cada una de las localidades se realizaron caminatas nocturnas dentro del intervalo de las 19:00 a las 24:00 hr, efectuando la búsqueda de serpientes exclusivamente sobre la superficie del suelo (May, *et al.*, 1996).

Para el muestreo, cada localidad (excepto Punta arenas) fue dividida en dos partes: laderas y arroyo, en las que dos equipos de dos a tres personas hicieron la búsqueda de serpientes simultáneamente. Al inicio, cada equipo se colocó sobre una ladera diferente, cerca a la línea de la costa y se desplazó hacia el interior de la isla durante dos horas aproximadamente. Posteriormente, ambos equipos se ubicaron en el arroyo y realizaron el muestreo en sentido contrario (de vuelta hacia la costa) aproximadamente por dos horas más (fig. 5).



Por su parte, en la localidad Punta arenas todos los participantes se distribuyeron a lo ancho formando una línea y en forma paralela recorrieron el sitio de norte a sur durante dos horas, y de regreso por dos horas más.

En cada equipo los integrantes mantuvieron una distancia de diez a 15 m entre sí. Haciendo uso de lámparas de mano (marca Maglite), todas las personas caminaron en un mismo sentido deteniéndose un momento cada tres a cinco m para observar dentro de un radio de aproximadamente cinco m en busca de serpientes (sobre la superficie del suelo, sobre y entre rocas, y sobre o entre la vegetación), para posteriormente seguir avanzando.



**Figura 5.** Dirección de desplazamiento para la búsqueda de serpientes en cada localidad (cañada).

Utilizando un cronómetro electrónico, un integrante se encargó de medir el tiempo de búsqueda de su respectivo equipo. Éste consistió en el tiempo invertido únicamente durante la búsqueda de serpientes, de tal forma que el cronómetro se detuvo cada vez que se encontró un ejemplar, durante la toma de datos y durante otras actividades diferentes a la

búsqueda. Dado que todos los integrantes de cada equipo participaron en la búsqueda, captura y toma de datos de las serpientes, todos tuvieron igual tiempo de búsqueda en su respectivo equipo.

#### 4. Abundancia Relativa de Serpientes

##### 4.1. Abundancia relativa mensual (ARM)

Para estimar la abundancia mensual de serpientes, se sumó el total de horas recorridas entre todos los integrantes de los dos equipos y se cuantificó el total de serpientes encontradas (capturadas o no) dentro del intervalo de búsqueda. Las serpientes encontradas fuera de este intervalo de tiempo no fueron incluidas para calcular el índice. Posteriormente, para cada mes se dividió el total de serpientes entre el tiempo total de búsqueda, mediante la siguiente fórmula:

$$(1) \quad \mathbf{ARM}_n = \mathbf{N}_n / \mathbf{hrs-búsqueda}_n$$

donde:

- $\mathbf{ARM}_n$  es la abundancia relativa de serpientes del mes  $n$ ,
- $\mathbf{N}_n$  es el número de serpientes encontradas en el mes  $n$ ,
- $\mathbf{hrs-búsqueda}_n$  es el tiempo total de búsqueda durante el mes  $n$

## 4.2. ARM y clima

Utilizando los datos de temperatura, humedad y precipitación registrados en la Isla Santa Catalina durante el período 2003-2004, se realizó un análisis de correlación de Spearman entre la ARM con sus valores medios correspondientes al mes en que se hizo el muestreo, utilizando el programa Statistica 7.0.

## 4.3. Abundancia mensual esperada

Para determinar el patrón mensual de actividad de *C. catalinensis*, primeramente se hizo una corrección en el esfuerzo de muestreo basándose en el trabajo de Seigel (1992), dado que hubo inequidad en las horas de búsqueda entre los diferentes meses muestreados (tabla V). Para ello, primero se calculó el esfuerzo relativo mensual, dividiendo el número de horas de búsqueda de cada mes entre el total de horas de todo el estudio.

La fórmula utilizada para calcular el esfuerzo relativo mensual fue:

$$(2) \quad \mathbf{ERM}_n = \mathbf{Hrs}_n / \mathbf{Hrs}_t$$

donde:

- $\mathbf{ERM}_n$  es el esfuerzo relativo del mes n,
- $\mathbf{Hrs}_n$  son las horas de búsqueda del mes n,
- $\mathbf{Hrs}_t$  es la sumatoria de las horas de búsqueda de todos los meses

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

Lo anterior, se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$(3) \quad SE_n = (S_t)(ERM_n)$$

donde:

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

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

#### 4.4. Abundancia relativa estacional (ARE)

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

La fórmula utilizada para la estimación de la abundancia relativa estacional de serpientes fue:

$$(4) \quad \text{ARE}_n = N_n / \text{hrs-búsqueda}_n$$

donde:

- $\text{ARE}_n$  es la abundancia relativa de serpientes de la estación n,
- $N_n$  es el número de serpientes encontradas en la estación n,
- $\text{hrs-búsqueda}_n$  es el tiempo total de búsqueda durante la estación n

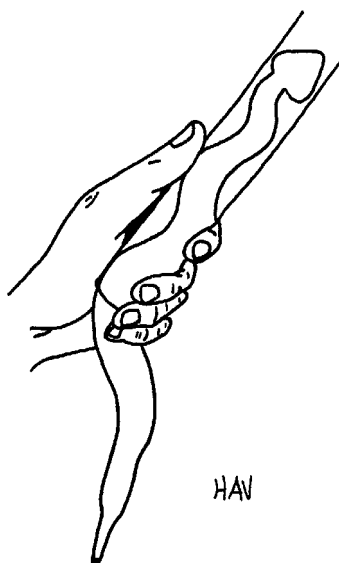
Para determinar si existieron diferencias en el esfuerzo de muestreo entre estaciones, se compararon las hrs-búsqueda efectuadas durante cada temporada mediante una prueba U de Mann-Whitney; ésta es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar dos grupos independientes de datos sin importar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

## 5. Datos biológicos y ecológicos

Con base en un formato de campo previamente elaborado (Apéndice I), se tomó una serie de datos a las serpientes capturadas, así como de su lugar de captura. A cada serpiente se le asignó una clave de colecta compuesta por las letras HCC y una serie de números progresivos, iniciando en HCC01.

### 5.1. Captura y manipulación de serpientes

Las serpientes fueron capturadas sujetándolas con pinzas herpetológicas y posteriormente fueron “entubadas”. La entubación consistió en introducir a cada serpiente en un tubo de acrílico transparente, de 60 cm de longitud y con un diámetro ligeramente mayor al de su cuerpo, de tal forma que la primera mitad de éste quedara dentro del tubo (con la cabeza asegurada) y el resto del cuerpo libre para su manipulación (fig. 6).



**Figura 6.** Manipulación de una serpiente “entubada”.

## 5.2. Datos del sitio de colecta

Los datos del sitio de colecta de cada ejemplar fueron: a) localidad, b) hora y fecha, y c) lugar de captura, considerándolo como “ladera” cuando se encontró a la serpiente en las laderas rocosas, “arroyo” cuando se halló en el fondo arenoso de la cañada (fig. 5), o “planicie” en el caso de las serpientes encontradas en Punta arenas.

En todas las localidades, excepto en Punta arenas por su diferente composición vegetal, se marcó con un banderín el sitio exacto donde fue observada la serpiente por primera vez, el cual se utilizó para efectuar la caracterización del hábitat al siguiente día.

### 5.2.1. Lugar de colecta

Para observar la incidencia de captura de serpientes por tipo de hábitat (ladera, arroyo o planicie), se realizó una tabla con el número de serpientes y esfuerzo de búsqueda correspondientes a cada tipo de hábitat.

Posteriormente, para buscar posibles patrones espaciales y temporales en los movimientos de *C. catalinensis* dentro de las cañadas, se construyó una matriz de 2 x 2 con el número de serpientes adultas capturadas en ladera o arroyo durante cada temporada (seca o lluvias), y se comparó mediante una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ), partiendo de la hipótesis nula que esta especie no presenta preferencia por arroyos ni laderas en ninguna de las dos estaciones muestreadas. Lo anterior se efectuó de igual manera con las serpientes juveniles.

Asimismo, se obtuvo la proporción mensual de serpientes juveniles y adultas capturadas en cada tipo de hábitat. En esta sección se excluyeron los datos de los ejemplares capturados en la localidad número ocho (Punta arenas), dado que al ser una planicie arenosa, no presenta los mismos tipos de hábitat que el resto de las localidades (ver fig. 4).

Para asegurarse que la diferencia en el número de serpientes observado en cada tipo de hábitat no se debió al esfuerzo de muestreo, se realizó el test no paramétrico de Mann-Whitney, para comparar el total de horas de búsqueda en arroyos y laderas.

### **5.3. Postura**

Se registró la postura de las serpientes al momento de ser observadas por primera vez, la cual se clasificó como: 1) serpientes en movimiento, donde se incluyó a todos los individuos encontrados desplazándose o inmóviles, pero siempre con el cuerpo extendido, y 2) serpientes enroscadas, que fueron todos los individuos hallados en esta posición.

Para observar la variación mensual en el comportamiento de las serpientes se cuantificó la proporción de individuos enroscados o en movimiento, mientras que para buscar un patrón estacional en el comportamiento, se construyó una tabla con el número de serpientes halladas en cada una de las dos posturas por temporada (seca o de lluvias), y se realizó una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ).



### 5.3.1. Hábitos arborícolas

Para determinar las tendencias arborícolas de *C. catalinensis*, se obtuvo la proporción de las serpientes halladas sobre la vegetación y se registró su altura con respecto al nivel del suelo del sitio de colecta. De éstas se calculó la proporción de sexos, clases de edad, coloraciones y posturas.

Además, a cada serpiente se le tomó la temperatura cloacal utilizando un termómetro de bulbo ( $\pm 0.2^\circ \text{C}$ ), y se registró la temperatura a nivel del suelo mediante un termómetro electrónico de lectura rápida. Para buscar diferencias entre la temperatura corporal de las serpientes y la temperatura del suelo, éstas se compararon mediante una prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

### 5.4. Coloración

Se registró la coloración de los individuos capturados, de tal manera que se consideró con coloración “clara” a aquellas serpientes con un tono gris claro, y “obscura” a las de color café, tal como lo describieron Beaman y Wong (2001). En cada mes de muestreo se cuantificó el número de individuos de cada coloración y se representó su proporción mediante una gráfica.

Para buscar un patrón temporal en cuanto a la presencia de individuos de una u otra coloración, se realizó una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ) tomando a las estaciones como variable independiente y la coloración como variable dependiente.

Asimismo, se obtuvo la proporción de individuos de cada coloración que fueron capturados sobre arroyos, laderas o la planicie arenosa, y para buscar una posible asociación entre el tipo de hábitat (arroyo o ladera) y la coloración (clara u oscura), se realizó una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ) comparando el número de individuos de cada color encontrado en cada tipo de hábitat (en esta prueba se excluyeron los datos de la localidad Punta arenas).

Además, para buscar una posible asociación entre el sexo y la coloración (por ejemplo, mayor incidencia de machos oscuros), se construyó una tabla con el número de individuos de cada color por sexo, y se realizó una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ).

Finalmente, para buscar diferencias en el tamaño corporal (LHC) entre los individuos de cada coloración, se comparó su longitud mediante una prueba U de Mann-Whitney.

## **5.5. Tamaño**

Haciendo uso de un flexómetro de 5 m ( $\pm 1$  mm), se tomaron las medidas corporales de cada ejemplar de acuerdo con Fitch (1993), tales como la longitud total del cuerpo (LT), longitud hocico-cloaca (LHC) y longitud cloaca-cola (LCC) (ver fig. 2). Para ello, se colocó la cinta métrica sobre el suelo y sobre ésta, la serpiente parcialmente dentro del tubo estirada lo más recto posible.

Para identificar el intervalo de la longitud hocico-cloaca (LHC) de *C. catalinensis*, se realizó una gráfica con las tallas de todos los individuos capturados en cada mes de muestreo del período 2003-2004.

### **5.5.1. Dimorfismo sexual por tamaño**

Para buscar diferencias en el tamaño entre sexos, se utilizaron únicamente las longitudes de las serpientes adultas ( $LHC > 380$  mm) con sexo determinado capturadas entre 2002-2003. Siguiendo lo descrito por Gibbons y Lovich (1990), se dividió el valor medio de la LHC del sexo más grande, en este caso de los machos, entre la media de la LHC del sexo más pequeño (las hembras), y se expresó con signo negativo (en caso de que las hembras fueran más grandes hubiera sido positivo). Finalmente, se restó el valor obtenido a -1.0 (pudiendo ser 1.0 en caso que las hembras fueran más grandes), y el resultado mostró el grado de dimorfismo sexual.

Posteriormente, se utilizó el tamaño de todas las serpientes con sexo determinado (tanto juveniles y adultos), y se comparó la LHC de machos y hembras mediante una prueba U de Mann-Whitney, que se utiliza para comparar dos grupos independientes de datos sin importar si no se distribuyen normalmente (Potvin y Roff, 1993).

## 5.6. Peso

Asimismo, se registró el peso de las serpientes colocándolas dentro de costales de manta, o bolsas de plástico (en el caso de las crías), utilizando balanzas portátiles (marca Pesola de  $100 \text{ gr} \pm 1 \text{ gr}$ ,  $300 \text{ gr} \pm 2 \text{ gr}$  o  $1 \text{ kg} \pm 10 \text{ gr}$ ), y restando el peso de la bolsa al total obtenido. Se calculó el peso relativo o “corpulencia” de las serpientes realizando un análisis de correlación de Spearman entre el tamaño (LHC) y el peso, con los datos transformados logarítmicamente para disminuir su varianza.

## 5.7. Clases de edad

Se cuantificó el número de serpientes juveniles ( $\text{LHC} \leq 380 \text{ mm}$ ) y adultas ( $\text{LHC} > 380 \text{ mm}$ ) encontradas cada mes de muestreo. Además, se construyó una tabla con el número de individuos de cada clase de edad encontrados durante cada estación.

### 5.7.1. Criterio de clasificación de clases de edad

La variable utilizada para determinar si un individuo era considerado como juvenil o adulto fue su longitud hocico-cloaca (LHC). Los individuos con una  $\text{LHC} \leq 380 \text{ mm}$  fueron considerados como juveniles, mientras que los adultos fueron los que tuvieron una LHC mayor a los 380 mm.

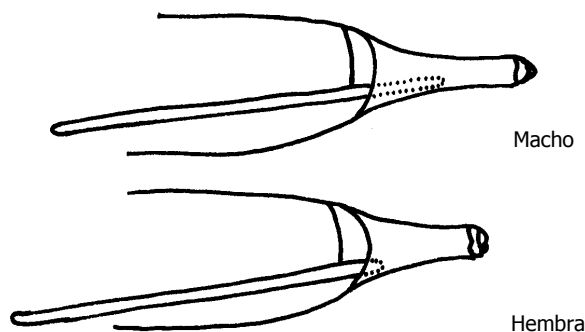
Dado que no existen estudios sobre el desarrollo gonadal de *C. catalinensis*, que es el criterio utilizado para determinar la LHC mínima en que una serpiente está sexualmente

madura (Goldberg, 2000a, b, y c; Goldberg y Rosen, 2000), se utilizó otro método de clasificación. Este consistió en realizar un corte en el 25% de la amplitud del crecimiento de *C. catalinensis*. Para ello, se restó el tamaño de la serpiente más pequeña encontrada al tamaño de la serpiente más grande registrada y se calculó el 25% de ese valor.

Posteriormente, el valor obtenido fue sumado a la longitud de la serpiente más pequeña, y así se determinó el tamaño de corte (380 mm). Además, mediante la medición de la LHC de tres individuos recién nacidos (dos claros y un oscuro; LHC  $\bar{X}$  = 335 mm) mantenidos en cautiverio en el “Serpentario de La Paz”, se observó un crecimiento promedio de 75 mm durante los primeros diez meses de vida, por lo que se determinó que al primer año de vida deberían alcanzar una talla menor a los 400 mm.

## 5.8. Sexo

El sexo se determinó mediante una “prueba cloacal” (Schaefer, 1934). Esta consistió en introducir en la cloaca, en sentido posterior (hacia la cola), una varilla delgada de acero, lubricada, y observar la longitud introducida. Cuando la varilla se introdujo un poco más de una cuarta parte de la longitud de la cola, se trató de un macho (Fitch, 1993). Para las hembras esta distancia fue mínima, aproximadamente 0.5 cm (fig. 7). En las hembras, además se observó la condición reproductiva mediante un suave palpado abdominal en busca de embriones en desarrollo (Fitch, 1993), justo antes y durante la época de nacimientos (junio, julio y agosto).



**Figura 7.** Determinación del sexo en serpientes mediante prueba cloacal.

Al igual como se hizo con la coloración, se cuantificó el número de machos, hembras e individuos con sexo indeterminado encontrados mensualmente. Finalmente, para buscar patrones de actividad de cada sexo, asociados a la temporada, se construyó una tabla con el número de machos y hembras observados en cada estación, y se compararon mediante una prueba Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ).

## **6. Dieta**

Para conocer la dieta de *C. catalinensis*, se obtuvieron dos tipos de muestras de las serpientes capturadas: a) contenidos estomacales y b) excretas, colectadas durante los tres años de muestreo (2002-2004).

### **6.1. Contenidos estomacales**

La búsqueda de contenidos estomacales se realizó colocando cada serpiente boca abajo, sujetando la cola más arriba que la cabeza (con ésta aun dentro del tubo). Posteriormente se realizó un palpado abdominal en sentido caudo-cefálico, iniciando un poco más atrás de la mitad del cuerpo. Cuando se detectó una presa en el tracto digestivo, se sacó a la serpiente del tubo y se sujetó por la cabeza con la mano, auxiliándose de las pinzas, como lo describe Fitch (1993).

Una vez hecho esto, se continuó con el palpado abdominal “empujando” a la presa hacia la boca, técnica que se denomina “regurgitación forzada” (Fitch, 1993), y colocándola dentro de un frasco con alcohol al 70%, etiquetado con su respectiva clave de colecta (HCCXX). Se anotó el sentido de ingestión de las presas (cefálico o caudal) y las muestras se transportaron al laboratorio para su posterior identificación.

Es importante aclarar que éste método permite detectar únicamente presas voluminosas o con un bajo grado de digestión, por lo que es posible que no se hayan detectado presas pequeñas o mayormente digeridas al momento de palpar a las serpientes.

### **6.2. Períodos de forrajeo**

Para buscar patrones en cuanto a los períodos de forrajeo de *C. catalinensis*, se cuantificó la proporción de individuos con contenido estomacal presente en cada mes de muestreo y se realizó una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ) para buscar diferencias

entre las estaciones seca y de lluvias, partiendo de la hipótesis nula que la especie no presenta diferencias entre temporadas en cuanto a su actividad alimenticia.

### **6.3. Excretas**

Se buscaron y obtuvieron las heces fecales mediante un palpado en sentido céfalo-caudal sobre el último tercio del cuerpo. Las excretas se colocaron dentro de frascos de plástico y tubos eppendorf con alcohol al 70%, se marcaron con la clave de colecta y se transportaron al laboratorio para su posterior análisis.

A las hembras que se sospechaba estuvieran grávidas, no se les tomó muestra de excreta para evitar dañar a los embriones.

### **6.4. Información de referencia**

Para conocer la diversidad herpetológica, mastozoológica y avifaunística reportada para la Isla Santa Catalina, se consultó la guía de anfibios y reptiles de Grismer (2002), la base de datos de Island Conservation Ecology Group (ICEG, 2004), así como la obra de Case *et al.* (2002).

Se preparó una colección de referencia con material biológico del área, a partir de restos de los mismos contenidos estomacales y de las excretas. Finalmente, se hizo uso de preparaciones fijas del Laboratorio de Ecología Animal del CIBNOR, así como de



ejemplares de la Colección Herpetológica de la misma institución para compararlos con lagartijas del mismo género encontradas en la Isla Santa Catalina.

### **6.5. Análisis de contenidos estomacales**

Los contenidos estomacales fueron colocados sobre cajas petri de vidrio, observados bajo la lupa e identificados con apoyo del material de referencia. Cuando el grado de digestión lo permitió, se determinó el sexo de la presa.

### **6.6. Análisis de excretas**

En el laboratorio las excretas fueron trasladadas a frascos gerber de vidrio (marcados con la clave de colecta correspondiente), se les agregó agua con jabón en polvo o líquido, se agitaron, y se les dejó así por varios minutos para promover una mejor separación de los restos. Posteriormente, las excretas fueron lavadas con agua utilizando un tamiz de pruebas físicas de 125  $\mu\text{m}$ , y colocadas en cajas petri de vidrio para su observación en el microscopio estereoscópico.

Haciendo uso de pinzas y agujas de disección, los restos fueron observados y comparados con la colección de referencia preparada. La determinación de las presas se dio únicamente cuando los restos resultaban claramente identificables como pelo, escamas, partes del cuerpo (como manos y cola en reptiles).

### **6.7. Análisis de datos**

Los resultados obtenidos del análisis de excretas y contenidos estomacales fueron almacenados en una base de datos. Se anotó el taxón de la presa (mamífero, ave o reptil), especie de presa y fecha de captura (estación). Junto con estos datos se incluyeron datos de la serpiente como clave, coloración, sexo, longitud hocico-cloaca (LHC) y peso.

Para cada tipo de muestra (excretas o contenidos estomacales), se calculó la media y el intervalo de la LHC de las serpientes en que se obtuvieron, así como la frecuencia de aparición de las presas en cada tipo de muestra por temporada.

Para buscar diferencias en la dieta entre sexos (machos vs. hembras), clases de edad (juveniles vs. adultos), coloraciones (clara vs. oscura), temporadas (seca vs. lluvias) y hábitats (arroyo vs. ladera), se comparó la frecuencia de aparición del tipo de presa en cada una de las agrupaciones de los datos mediante una prueba de Chi-cuadrada ( $P \leq 0.05$ ,  $gl = 1$ ), partiendo de la hipótesis que no habría diferencia entre ninguna de ellas.

### **6.8. Cambios ontogénicos en dieta**

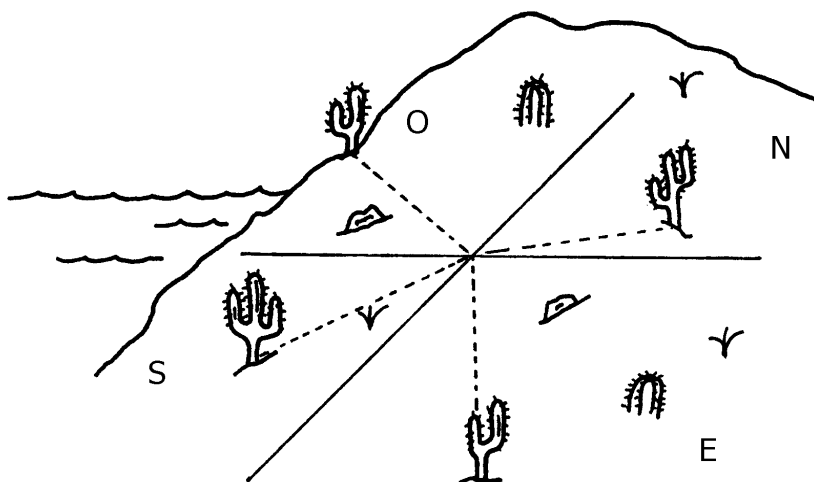
Finalmente, para buscar cambios ontogénicos en la dieta de *C. catalinensis*, utilizando los datos obtenidos tanto de excretas como de contenidos estomacales, se comparó la LHC de las serpientes que se alimentaron de lagartijas con la LHC de las que lo hicieron de ratones, mediante una prueba U de Mann-Whitney.

## 7. Caracterización del hábitat

Con el objetivo de describir e identificar las variables más importantes del hábitat utilizado por la serpiente *C. catalinensis*, se seleccionó una serie de variables estructurales, basándose en los trabajos de Reinert (1984a y 1984b; Reinert y Zappalorti, 1988), en observaciones dentro de la Isla Santa Catalina en las visitas del 2002 y en los resultados preliminares del estudio de la vegetación de la misma a cargo de Víctor Ortiz Ávila (comunicación personal).

A partir de septiembre del 2003, en las mañanas siguientes a los muestreos nocturnos, se llevó a cabo la caracterización del hábitat de las serpientes capturadas. Se dio prioridad a los puntos donde se encontraron las serpientes con postura enroscada, puesto que se consideró que fueron “seleccionados” por éstas (Reinert, 1984a, b). Sin embargo, con la intención de obtener la mayor cantidad de datos posible, también se caracterizaron los sitios donde se hallaron serpientes en movimiento.

Para la caracterización, primeramente se definieron cuatro cuadrantes orientados hacia cada punto cardinal (N, S, E y O), tomando como centro el sitio exacto donde se observó cada serpiente por primera vez. Para ello, con ayuda de una brújula, se trazaron dos líneas imaginarias perpendiculares en dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste, que se marcaron en sus extremos con cinta fluorescente (fig. 8). Con base en un formato de campo previamente elaborado (Apéndice II) y haciendo uso de una cinta métrica de 50 m ( $\pm 1$  mm), en cada cuadrante se midieron las variables estructurales descritas en la tabla IV.



**Figura 8.** Esquema de la toma de datos de hábitat de *C. catalinensis*, (modificado de Reinert 1984a, b).

**Tabla IV.** Variables propuestas para la caracterización del hábitat de la serpiente *C. catalinensis*.

<b>CLAVE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
D1	DISTANCIA A BASE DE PLANTA (0 - 0.60 m)	Promedio de las distancias a las bases de las plantas (0 - 0.60 m) de cada cuadrante
DPV1	DIST. A PROY. VERT. PLANTA (0 - 0.60 m)	Promedio de las distancias de las proyecciones verticales de las plantas (0 - 0.60 m) de cada cuadrante
D2	DISTANCIA A BASE DE PLANTA (0.60 - 1.5 m)	Promedio de las distancias a las bases de las plantas (0.60 - 1.5 m) de cada cuadrante
DPV2	DIST. A PROY. VERT. PLANTA (0.60 - 1.5 m)	Promedio de las distancias de las proyecciones verticales de las plantas (0.60 - 1.5 m) de cada cuadrante
D3	DISTANCIA A BASE DE PLANTA (1.5 - 3.0 m)	Promedio de las distancias a las bases de las plantas (1.5 - 3.0 m) de cada cuadrante
DPV3	DIST. A PROY. VERT. PLANTA (1.5 - 3.0 m)	Promedio de las distancias de las proyecciones verticales de las plantas (1.5 - 3.0 m) de cada cuadrante
DCARM	DISTANCIA A CARDON MUERTO	Promedio de las distancias a los cardones muertos de cada cuadrante.
DCARVIV	DISTANCIA A CARDON VIVO (> 3 m)	Promedio de las distancias a los cardones vivos (> 3 m) de cada cuadrante.
DBIZ	DISTANCIA BIZNAGA (>0.6 m)	Promedio de las distancias a las biznagas (> 0.6 m) de cada cuadrante.
DR1	DISTANCIA A ROCA (10 - 25 cm)	Promedio de las distancias a las rocas (10 - 25 cm) de cada cuadrante
DR2	DISTANCIA A ROCA (25 - 50 cm)	Promedio de las distancias a las rocas (25 - 50 cm) de cada cuadrante
DR3	DISTANCIA A ROCA (> 50 cm)	Promedio de las distancias a las rocas (> 50 cm) de cada cuadrante

Los datos de campo fueron transcritos a una base de datos, ubicando las variables en columnas y las observaciones (datos de cada serpiente) en filas.

### **7.1. Análisis de datos del hábitat**

Los datos de campo fueron transcritos a la computadora donde se calculó el promedio de las variables estructurales y se anexaron los datos de la serpiente correspondiente (sexo, coloración, edad, comportamiento, sitio de captura y condición reproductiva). Estos datos se utilizaron para determinar las diferencias en el uso del hábitat entre diferentes grupos de serpientes mediante un análisis de funciones discriminantes (AFD) efectuado en el programa Statistica 7.0.

El AFD permite clasificar a una serie de individuos (casos) dentro de dos o más grupos, e identificar con base a una serie de observaciones (variables independientes), si éstos pertenecen al grupo en que se les ubicó (Tabachnick y Fidel, 2001). De esta forma, se utilizaron los promedios de las variables estructurales como las variables independientes y al sexo, coloración, lugar de captura, y sus combinaciones, como los criterios de clasificación (grupos).

Al someter las diferentes matrices (agrupaciones de los datos) al AFD, éste creó combinaciones lineales de las variables independientes mediante las que buscó distinguir mejor entre los grupos (funciones discriminantes), e identificar cuales de las variables contribuyeron mayormente en dicha separación (Tabachnick y Fidel, 2001).

## 8. Análisis del estado de conservación de *C. catalinensis*

Con el fin de documentar el estado de conservación de *C. catalinensis*, se utilizó el Método de Evaluación de Riesgo (MER) de las especies silvestres mexicanas, reportado en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

El MER se basa en cuatro variables o criterios independientes, los cuales pueden cuantificarse mediante la asignación de valores numéricos convencionales que se establecen en orden ascendente con respecto al riesgo:

- A.- Amplitud de la distribución del taxón en México (muy restringida = 4, restringida = 3, amplia = 2, muy amplia = 1)
- B.- Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón (muy limitante = 3, limitante = 2, poco limitante = 1)
- C.- Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón (alta = 3, media = 2, baja = 1)
- D.- Impacto de la actividad humana sobre el taxón (alto = 4, medio = 3, bajo = 2)

La integración de estas variables se establece mediante la suma de los valores asignados de manera independiente, de tal forma que se asumen los siguientes intervalos para la asignación a una de las siguientes categorías de riesgo:

1. **Peligro de extinción:** una especie o población cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos.
2. **Amenazada:** aquella cuya suma total de puntos se halle entre 10 y 11.

## **RESULTADOS**

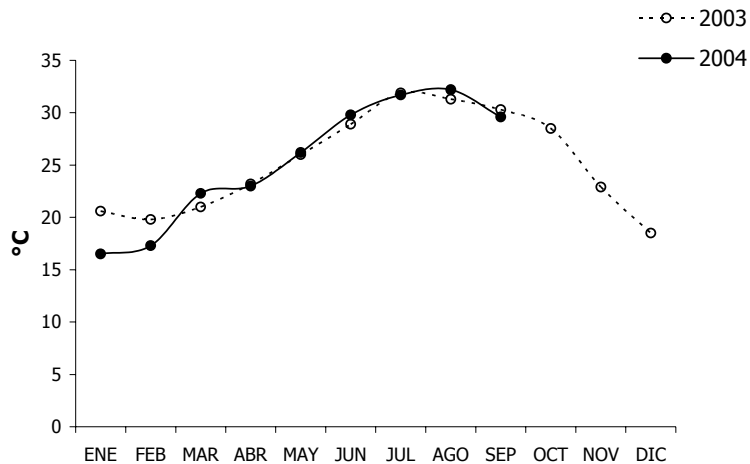
### **1. Datos climáticos**

De los sensores colocados en la Isla Santa Catalina, se obtuvieron la temperatura y humedad únicamente de julio, agosto, octubre y noviembre de 2003, y de mayo y junio de 2004, los demás meses no se registraron en su totalidad. Dado que mediante los sensores no se registró el clima de la isla durante todo el estudio, se utilizaron los datos del Servicio Meteorológico Nacional, estación Loreto, para describir el clima de la Isla Santa Catalina en 2003 y 2004.

#### **1.1. Temperatura**

Durante el año 2003, se registró una temperatura media del aire que osciló entre los 18.5° C y los 31.9° C, mientras que en 2004 estuvo entre los 16.5° C y los 32.2° C. En ambos años, el período más caliente comprendió de junio a septiembre, como se puede apreciar en la fig. 9, mientras que las temperaturas fueron más moderadas en los meses previos y subsiguientes a este período. En general, ambos años fueron muy similares, aunque enero y febrero fueron más calientes en 2003 (fig. 9).

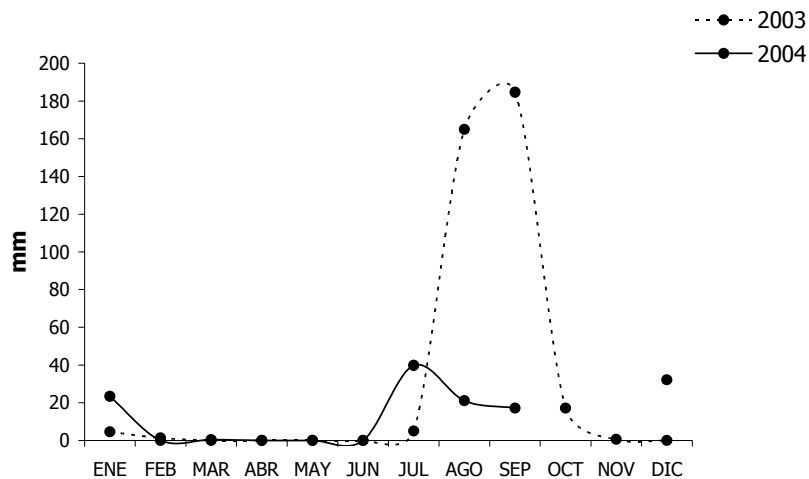




**Figura 9.** Temperatura media mensual del aire de la estación meteorológica de Loreto, B.C.S., durante los años 2003 y 2004.

## 1.2. Precipitación

En 2003 se presentaron dos ciclones en el noroeste de México durante la temporada de lluvias, los cuales propiciaron una alta acumulación de precipitación en la región del Golfo de California. El primero de ellos, “Ignacio”, estuvo presente en las costas de Baja California Sur del 22 al 25 de agosto con la intensidad de huracán, y un mes más tarde, del 18 al 24 de septiembre, se presentó también el huracán “Marty” (Comisión Nacional del Agua, 2004). En la fig. 10 se aprecia el incremento en la precipitación durante el período agosto-octubre de 2003 llegando hasta los 184 mm, mientras que en los demás meses del año no se registraron lluvias considerables.

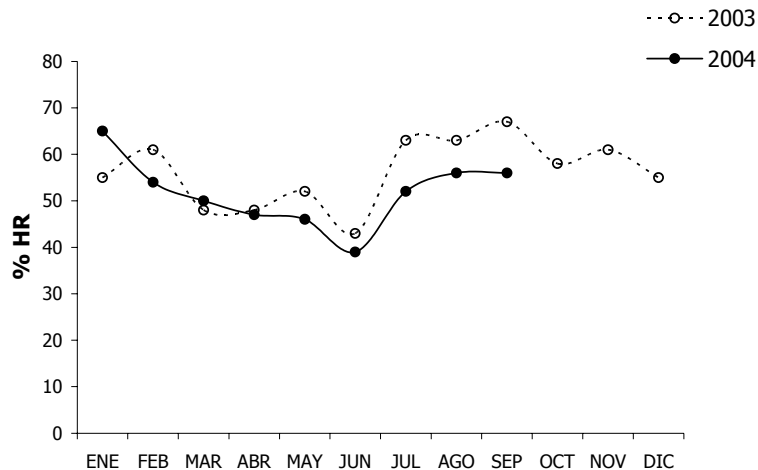


**Figura 10.** Lluvia total mensual registrada en la estación meteorológica de Loreto, B.C.S. en 2003 y 2004.

Por su parte, en 2004 la temporada de lluvias inició un mes más temprano que en 2003, y los datos obtenidos hasta septiembre mostraron una menor acumulación de precipitación en la región, con un valor máximo de 40 mm en julio, el cual fue disminuyendo en los siguientes meses (fig. 10). En este año, se registraron lluvias de mayor intensidad en enero, en comparación con 2003.

### 1.3. Humedad

Las variaciones en la humedad relativa presentaron un comportamiento similar en 2003 y 2004, sin embargo, en general, 2003 fue más húmedo. En ambos años julio fue el mes menos húmedo, mientras que el de mayor humedad fue septiembre de 2003, y enero de 2004. Los valores de humedad relativa por mes de 2003 y 2004 se pueden observar en la fig. 11.



**Figura 11.** Porcentaje de humedad mensual registrada en la estación meteorológica de Loreto, B.C.S. en 2003 y 2004.

## 2. Abundancia Relativa de Serpientes

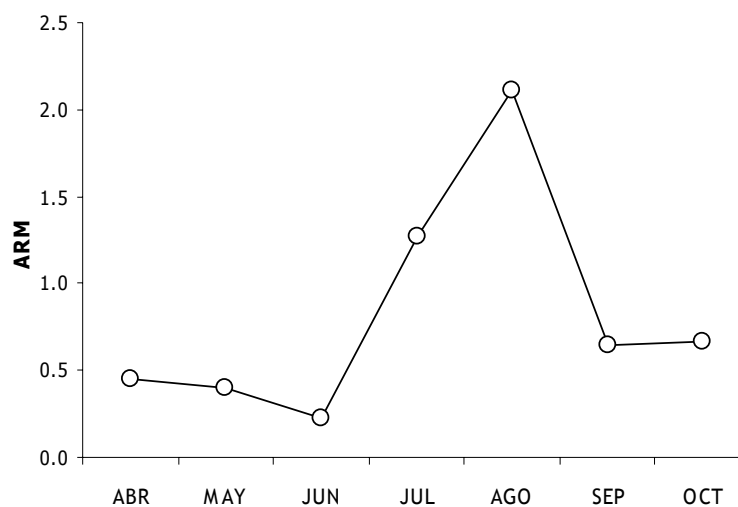
### 2.1. Abundancia relativa mensual (ARM)

Durante el estudio se realizó un total de 276 hrs-búsqueda, en las que se encontraron 204 serpientes. En la tabla V se puede apreciar el esfuerzo de muestreo, el número de serpientes observadas y el valor de la abundancia relativa mensual de serpientes (ARM). No se realizó ningún muestreo durante el mes de marzo porque las condiciones climáticas no eran favorables para la navegación y resultaba riesgoso viajar a la isla. Mayo y junio fueron los meses en que se observó la menor cantidad de serpientes, a pesar de que en el último se tuvo un alto esfuerzo de búsqueda; en contraste, agosto tuvo la mayor cantidad de serpientes registradas y un esfuerzo de búsqueda bajo (tabla V).

**Tabla V.** Esfuerzo de búsqueda, serpientes observadas y ARM durante las dos temporadas de muestreo.

	SECA				LLUVIAS				Total
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	
<b>Hrs-búsq.</b>	-	55	25	44	30	28	40	54	276
<b>Serp. Obs.</b>	-	25	10	10	38	59	26	36	204
<b>ARM</b>	-	0.45	0.40	0.23	1.27	2.11	0.65	0.67	

De esta forma, a lo largo del estudio se observó un patrón compuesto por un período de baja y otro de alta abundancia de serpientes. En el período de abril a junio se observó una baja abundancia, con disminución de los valores conforme se aproximaba el fin de la temporada seca (fig. 12). Sin embargo, en julio se observó un incremento que continuó y alcanzó su máximo valor en agosto, para descender nuevamente en los subsecuentes meses. En la fig. 12 se muestran las variaciones en la ARM de *C. catalinensis* a lo largo de su período de actividad.



**Figura 12.** Valores de ARM en el período abril-octubre.

## 2.2. ARM y clima

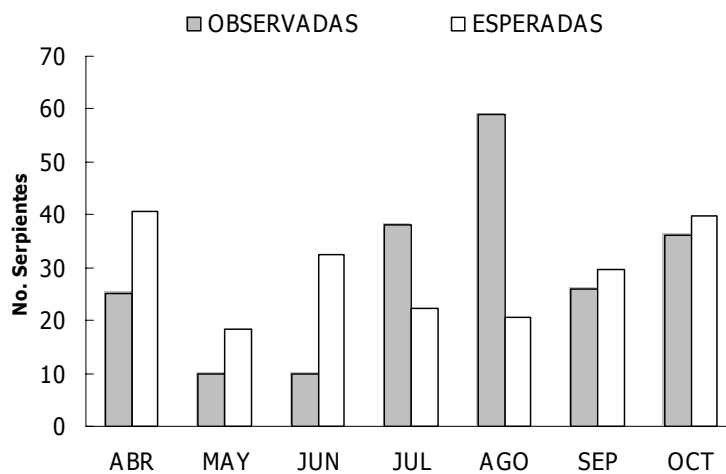
Los valores de ARM no mostraron correlación significativa con ninguno de los parámetros ambientales registrados durante el respectivo mes de muestreo, obteniéndose valores de correlación para la temperatura media mensual de  $r = 0.67$  ( $n = 7$ ,  $P > 0.05$ ), para la lluvia de  $r = 0.7$  ( $n = 7$ ,  $P > 0.05$ ), y para la humedad de  $r = 0.6$  ( $n = 7$ ,  $P > 0.05$ ).

## 2.3. Abundancia mensual esperada

A partir de los datos de campo (hrs-búsqueda y serpientes observadas), se calculó el esfuerzo relativo mensual (ERM) y el número de serpientes esperadas (SE), los cuales se muestran en la tabla VI. En la fig. 13, se aprecia que *C. catalinensis* presenta un pico de actividad en la temporada de lluvias de verano, dado que se observó de manera altamente significativa en mayor cantidad que lo esperado en los meses de julio y agosto ( $X^2 = 106.5$ ,  $gl = 6$ ,  $P < 0.00001$ ), mientras que en los demás meses se mantuvo en números menores a lo esperado.

**Tabla VI.** Esfuerzo relativo mensual (ERM), valores observados y esperados de serpientes en el período abril-octubre.

	SECA				LLUVIAS				Total
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	
<b>Serp. Obs.</b>	-	25	10	10	38	59	26	36	204
<b>Serp. Esp.</b>	-	40	18	33	22	21	30	40	204
<b>ERM</b>	-	0.20	0.09	0.16	0.11	0.10	0.14	0.20	



**Figura 13.** Número de serpientes *C. catalinensis* observadas y esperadas. Los valores observados durante los meses de julio y agosto fueron significativamente mayores a lo esperado ( $X^2 = 106.5$ ,  $gl = 6$ ,  $P < 0.00001$ ).

#### 2.4. Abundancia relativa estacional (ARE)

En la temporada seca se tuvo un total de 124 hrs-búsqueda, en las que se observaron 45 serpientes (22% de las capturas), resultando un valor de abundancia para esta estación ( $ARE_{seca}$ ) de 0.40 (una serpiente por cada 2 hr y 30 min de búsqueda; tabla VII). Por su parte, en la temporada de lluvias se muestreó durante 152 hrs y se observaron 159 serpientes (78% de las capturas), obteniéndose una  $ARE_{lluvia} = 1.05$  (es decir, una serpiente por cada hr-búsqueda; tabla VII). No se observó diferencia significativa en el esfuerzo de muestreo entre temporadas ( $Z = 0.35$ ,  $P > 0.05$ ), sin embargo, como se observó con la

abundancia mensual esperada, sí existió diferencia significativa en el número de serpientes entre estación ( $X^2 = 26.89$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.00001$ ).

**Tabla VII.** Esfuerzo de búsqueda y serpientes observadas por estación.

	<u>Hrs-búsq.</u>	<u>Serp.</u>
<b>Seca</b>	124	45
<b>Lluvias</b>	152	159
	276	204

### 3. Datos biológicos y ecológicos

De las 204 serpientes observadas durante los muestreos de 2003-2004 (tabla V), sólo se capturaron 193 ejemplares, a los que se les tomaron datos biológicos y ecológicos (tabla VIII), de tal forma que once individuos (todos observados durante la estación de lluvias) no fueron incluidos en los siguientes análisis.

**Tabla VIII.** Número de serpientes observadas (Obs.) y procesadas (Proc.) por mes de muestreo.

	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	
<b>Obs.</b>	25	10	10	38	59	26	36	204
<b>Proc.</b>	25	10	10	35	53	25	35	193

### 3.1. Lugar de colecta

De las 276 hrs-búsqueda realizadas durante el estudio (tabla VII), 153 hrs. se llevaron a cabo sobre laderas en las que se encontraron 74 serpientes (una serpiente cada dos horas); 97 hrs. sobre arroyos, en las que se observaron 98 individuos (una serpiente por hora), y 26 hrs. sobre la planicie, en las que se observaron 21 ejemplares (una serpiente cada 50 minutos) (tabla IX).

**Tabla IX.** Esfuerzo de captura e individuos capturados por tipo de hábitat.

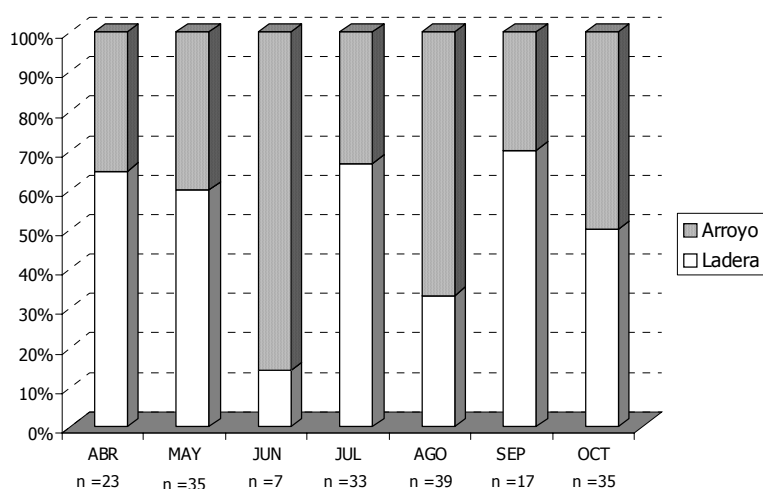
	<u>Serp. Hrs-búsq.</u>	
<b>Arroyo</b>	98	97
<b>Ladera</b>	74	153
<b>Planicie</b>	21	26
	<hr/> 193	<hr/> 276

Se encontraron diferencias significativas al comparar el tiempo de búsqueda entre laderas y arroyos ( $Z = 2.42$ ,  $P < 0.05$ ); sin embargo, no se observó ningún patrón temporal respecto al sitio de captura de los individuos adultos, dado que no se capturaron en mayor proporción sobre un mismo tipo de hábitat (arroyo o ladera) por más de dos meses consecutivos (fig. 14), y la prueba de Chi-cuadrada mostró que no hubo diferencia significativa en el tipo de hábitat usado entre temporadas ( $X^2 = 0.09$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).



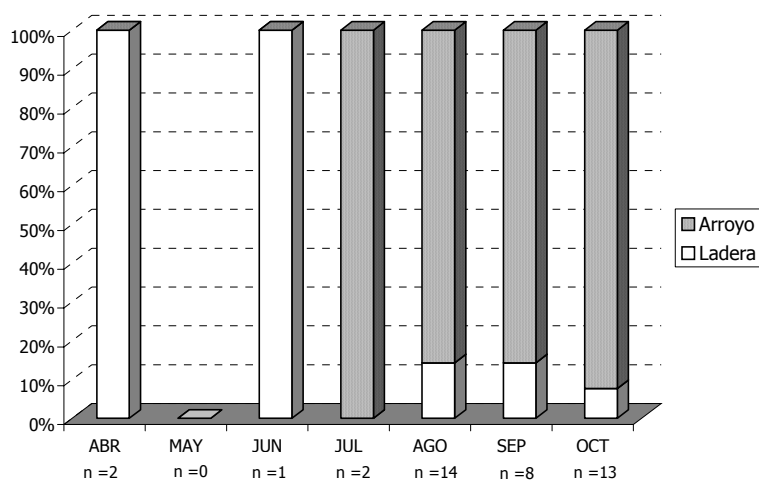
**Tabla X.** Número de serpientes juveniles (J) y adultos (A) capturadas por tipo de hábitat en cañadas.

		<b>LADERA</b>	<b>ARROYO</b>
<b>Seca</b>	<b>J</b>	3	0
	<b>A</b>	18	16
<b>Lluvia</b>	<b>J</b>	4	33
	<b>A</b>	49	49
		74	98



**Figura 14.** Variación mensual en la proporción de individuos adultos (LHC > 380 mm) capturados en arroyo o ladera.

En cuanto a los juveniles, los tres únicos individuos capturados en la temporada seca se encontraron sobre laderas, mientras que durante la estación de lluvias (cuando se capturó la mayoría) éstos se observaron en mayor proporción sobre los arroyos (fig. 15); de esta forma se observó una diferencia altamente significativa en cuanto a su sitio de captura a favor de la estación seca ( $\chi^2 = 15.29$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.001$ ).



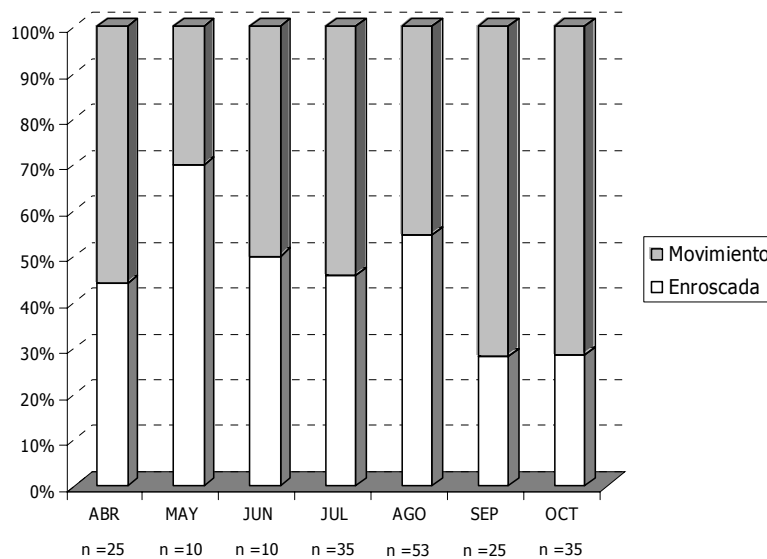
**Figura 15.** Variación mensual en la proporción de juveniles ( $LHC \leq 380$  mm) capturados en arroyo o ladera.

### 3.2. Postura

El comportamiento de las serpientes al ser observadas por primera vez varió en cada mes de muestreo, de tal forma que en abril, junio, julio y agosto la proporción de individuos enroscados y en movimiento fue casi igual; en mayo hubo una mayor cantidad de serpientes enroscadas, mientras que en septiembre y octubre la mayoría se encontraron en movimiento (fig. 16). En la tabla XI se puede observar el número de serpientes enroscadas y en movimiento encontradas durante la estación seca y de lluvias, entre las que no se observó diferencia significativa en el comportamiento observado ( $\chi^2 = 1.19$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).

**Tabla XI.** Número de serpientes enroscadas (ENR.) o en movimiento (MOV.) por estación de muestreo.

	<b>ENR.</b>	<b>MOV.</b>
<b>Seca</b>	23	22
<b>Lluvia</b>	62	86
	85	108

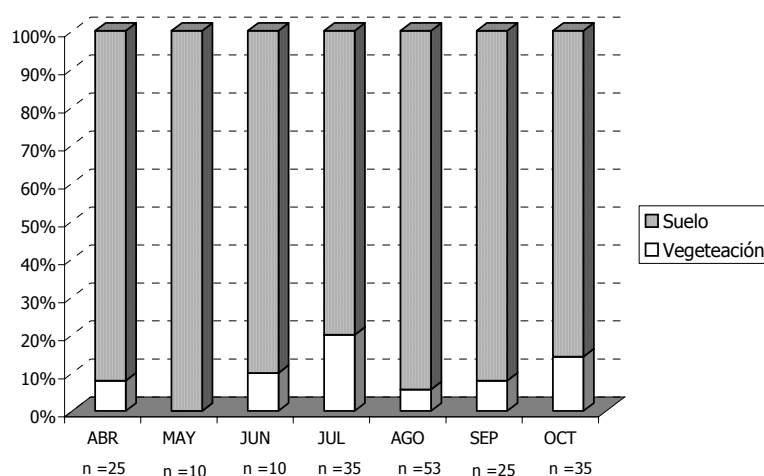


**Figura 16.** Variación mensual en el comportamiento de *C. catalinensis* al momento de ser capturada.

### 3.2.1. Hábitos arborícolas

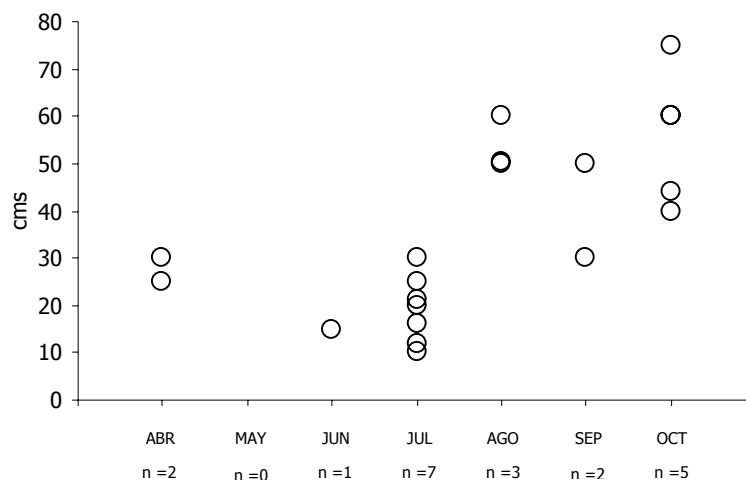
Durante todo el muestreo un total de 20 serpientes (9.8% del total observadas) se encontraron sobre la vegetación; de éstas, 12 eran machos (60%) y ocho hembras (40%); respecto a su edad, dos fueron juveniles (10%) y 18 adultos (90%); en cuanto a su coloración, 11 fueron claras (55%) y nueve oscuras (45%). Finalmente, respecto a su comportamiento, ocho estaban enroscadas (40%) y 12 en movimiento (60%).

La proporción mensual de serpientes sobre vegetación se observa en la fig. 17, donde se puede apreciar que en la mayoría de los meses, no supera el 10% de las observaciones. Julio fue el mes en que se encontró la mayor proporción de serpientes sobre la vegetación, con el 20% de los registros, mientras que en mayo todas las serpientes halladas se encontraban sobre el suelo.



**Figura 17.** Proporción mensual de las serpientes encontradas sobre la vegetación o el suelo.

En la fig. 18, se muestra la altura a que se encontró cada individuo sobre la vegetación, la cual abarcó un rango desde los 10 cm hasta los 75 cm, con un valor promedio de 35 cm. En julio, se hallaron dos machos de color oscuro sobre el mismo arbusto (*Bursera hindsiana*), a una distancia de 5 m entre sí, y a una altura de 30 y 25 cm, respectivamente.



**Figura 18.** Altura sobre el nivel del suelo de las serpientes sobre la vegetación.

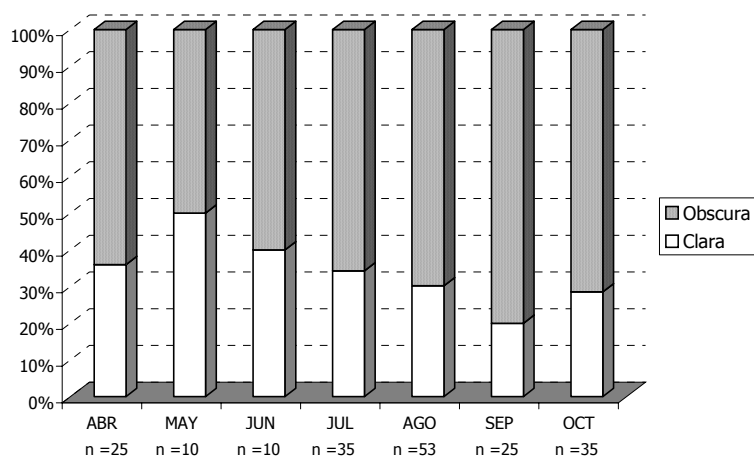
Del total de serpientes encontradas sobre la vegetación, únicamente en cinco ocasiones se registró la temperatura cloacal y del suelo, de las que se obtuvo un valor medio de  $29.7 \pm 3.3^\circ \text{C}$  y de  $29.0 \pm 2.0^\circ \text{C}$ , respectivamente. Posteriormente, el análisis estadístico reveló que no existió diferencia significativa entre la temperatura corporal de las serpientes y la del suelo ( $Z = 0.21$ ,  $P > 0.05$ ).

### 3.3. Variación mensual en coloración

Durante el estudio se capturaron 132 (68.4%) serpientes de color oscuro, y 61 (31.6%) de color claro (tabla XII). En la fig. 19 se puede apreciar que en todos los meses la mayor proporción de captura correspondió a individuos de coloración oscura, con una tendencia a incrementar conforme se acercaba el final de la temporada de lluvias, excepto en mayo, donde las proporciones entre claras y oscuras se igualaron.

**Tabla XII.** Número y porcentaje de individuos de coloración clara u oscura observados por temporada.

	<b>OBSCURA</b>	<b>%</b>	<b>CLARA</b>	<b>%</b>	
<b>Seca</b>	27	20.5	18	29.5	45
<b>Lluvias</b>	105	79.5	43	70.5	148
	132		61		



**Figura 19.** Variación en la proporción de individuos con coloración clara u oscura hallados mensualmente.

No obstante esta desigualdad numérica, no se detectó diferencia estadísticamente significativa entre las estaciones, en cuanto a la proporción de los individuos de cada coloración ( $\chi^2 = 1.91$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).

Respecto al sitio de captura (arroyo, ladera o planicie - Punta arenas -) en que se encontraron los individuos de cada coloración, se observó que del total de individuos oscuros, el 43.9% se encontró sobre arroyos, el 40.2% sobre laderas, y el 15.9% en la planicie arenosa (tabla XIII); por su parte, los individuos de coloración clara se capturaron

en un 63.9% sobre los arroyos y en un 36.1% sobre las laderas, pero no se observaron en la localidad Punta arenas (tabla XIII). Al comparar la frecuencia de captura de cada coloración entre arroyos y laderas, no se observó diferencia significativa ( $X^2 = 2.25$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).

**Tabla XIII.** Número y porcentaje de individuos de coloración clara u oscura por tipo de hábitat.

	<b>OBSCURA</b>	<b>%</b>	<b>CLARA</b>	<b>%</b>
<b>Arroyo</b>	58	43.9	39	63.9
<b>Ladera</b>	53	40.2	22	36.1
<b>Planicie</b>	21	15.9	0	0.0
	132		61	

Respecto a la relación coloración-sexo, tampoco se observaron diferencias significativas, es decir, no hubo asociación entre algún sexo con alguna coloración ( $X^2 = 0.03$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ; tabla XIV), y tampoco se observó diferencia significativa en el tamaño entre los individuos de ambas coloraciones ( $Z = 0.15$ ,  $P > 0.05$ ; tabla XV).

**Tabla XIV.** Número y porcentaje de machos, hembras e individuos de sexo indeterminado con diferente coloración (no existió asociación sexo-coloración,  $X^2 = 0.03$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ).

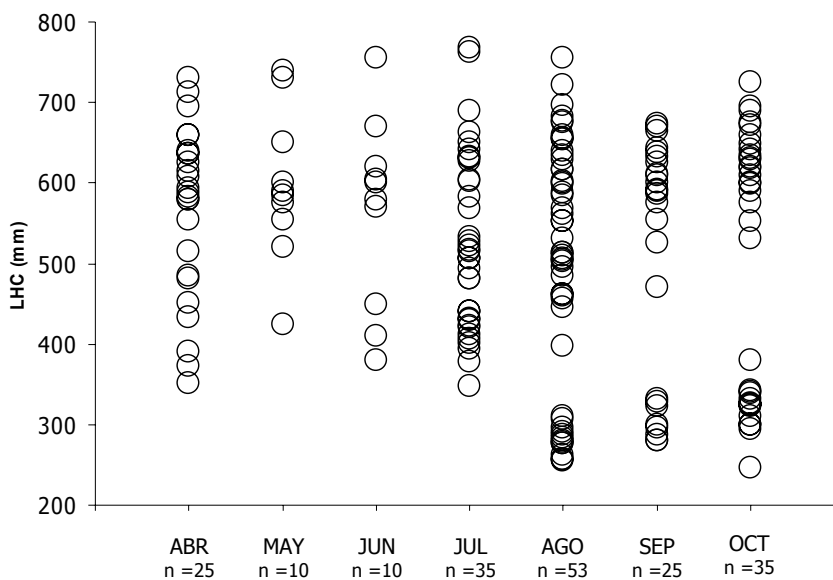
	<b>CLARA</b>	<b>%</b>	<b>OBSCURA</b>	<b>%</b>
<b>Macho</b>	27	44.3	65	49.2
<b>Hembra</b>	25	41.0	57	43.2
<b>Ind.</b>	9	14.8	10	7.6
	61		132	

**Tabla XV.** Promedio, desviación estándar (D.E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) por coloración.

	<b>N</b>	<b>Promedio</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Oscura</b>	132	529	137	247	768
<b>Clara</b>	61	505	141	276	762

### 3.4. Tamaño

Los 193 individuos capturados presentaron diversas tallas (fig. 20), cuyo intervalo (LHC) varió entre los 247 mm (individuo oscuro de sexo indeterminado) y los 768 mm (macho adulto, color oscuro). A partir del mes de agosto se encontraron los individuos más pequeños, que presentaron una LHC entre los 250 mm y 350 mm.



**Figura 20.** Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes capturadas por mes de muestreo en el período 2003-2004.



### 3.4.1. Dimorfismo sexual por tamaño

De las 193 serpientes capturadas, 42 (21.8%) fueron juveniles y 151 (78.2%) adultas. De éstas últimas se determinó el sexo a 150 ejemplares (tabla XVI), siendo el 47.3% (71) hembras y el 52.7% (79) machos. Entre los adultos se observó que los machos fueron ligeramente más grandes que las hembras, con un valor de dimorfismo sexual por tamaño (DST) de -0.02, conforme al índice de Gibbons y Lovich (1990). Sin embargo, al comparar el tamaño de todos los machos ( $n = 92$ ) y hembras ( $n = 82$ ) de cualquier clase de edad (tabla XVII), no se observó diferencia significativa ( $Z = 0.55$ ,  $P > 0.05$ ).

**Tabla XVI.** Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de serpientes adultas por sexo.

	<b>n</b>	<b>Promedio</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Hembras</b>	71	574	810	390	695
<b>Machos</b>	79	586	970	394	768

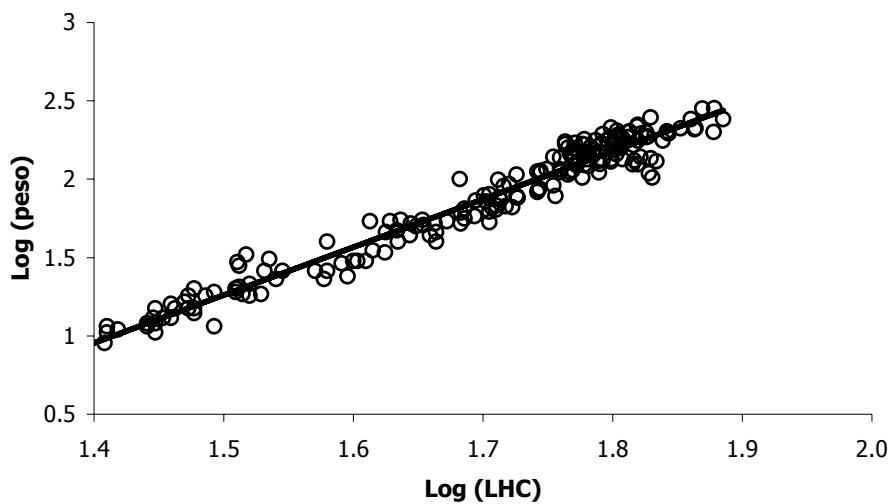
**Tabla XVII.** Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de todos los individuos por sexo.

	<b>n</b>	<b>Promedio</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Hembras</b>	82	538	120	256	695
<b>Machos</b>	92	547	134	257	768

### 3.5. Peso

Se obtuvo el peso de 189 de los 193 ejemplares capturados, el cual osciló entre los siete gramos, registrados en una cría obscura de sexo indeterminado (mismo individuo con la mínima LHC) y los 284 gramos correspondientes a un macho adulto color claro.

Se observó una correlación altamente significativa entre la longitud (LHC) y el peso (gr) de las serpientes (datos transformados logarítmicamente),  $r = 0.95$  ( $P < 0.0001$ ) (fig. 21).



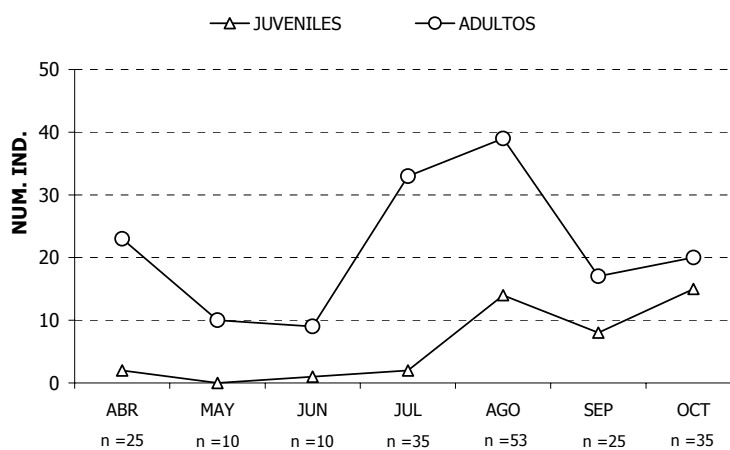
**Figura 21.** Log LHC vs. Log peso ( $n = 189$ ,  $r = 0.95$ ,  $P < 0.0001$ ).

### 3.6. Variación mensual en clases de edad

La mayoría de los ejemplares capturados en todos los meses fueron individuos adultos ( $LHC > 380$  mm), mientras que los juveniles ( $LHC \leq 380$  mm) se observaron en menor cantidad. Durante la estación seca, la cantidad de adultos superó 13 veces la de los juveniles, dado que sólo se capturaron tres de ellos por 39 adultos (tabla XVIII); no obstante, durante la estación de lluvias, tal diferencia se redujo hasta más del doble a favor de los adultos, puesto que el número de juveniles incrementó a partir de agosto y hasta octubre, como se observa en la fig. 22.

**Tabla XVIII.** Número de serpientes juveniles (JUV.) y adultas (ADULT.) capturadas por temporada.

	<b>JUV.</b>	<b>ADULT.</b>
<b>Seca</b>	3	42
<b>Lluvia</b>	39	109
	42	151



**Figura 22.** Variación mensual en el número de juveniles ( $LHC \leq 380$  mm) y adultos de *C. catalinensis*.

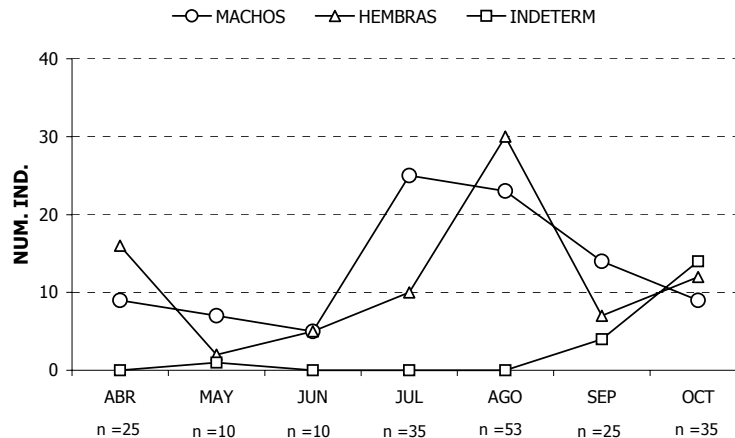
### 3.7. Variación mensual en sexo

Durante todo el estudio se observaron 92 machos (47.7%), 82 hembras (42.5%) y a 19 (9.8%) individuos no se les determinó el sexo (tabla XIX).

**Tabla XIX.** Número de individuos por sexo encontrados durante la estación seca y de lluvias.  
(M = machos, H = hembras, IND = sexo indeterminado)

	<b>M</b>	<b>H</b>	<b>IND.</b>	<b>Total</b>
<b>Seca</b>	21	23	1	45
<b>Lluvias</b>	71	59	18	148
	92	82	19	193

La variación mensual de estos grupos se muestra en la fig. 23, donde se puede apreciar que las hembras se encontraron en mayor cantidad en los meses de abril, agosto y octubre, mientras que los machos lo hicieron en mayo, julio y septiembre. Junio fue el único mes en que se encontró equidad en el número de machos y hembras. La cantidad de individuos de sexo indeterminado incrementó en los meses de septiembre y octubre, dado que se trataba de juveniles a los que no se les tomó dicho dato para evitar lastimarlos (fig. 23).



**Figura 23.** Variación en el número de individuos machos, hembras y de sexo indeterminado hallados mensualmente.

No se observó ningún patrón temporal asociado al sexo puesto que no existió diferencia significativa entre el número de machos y hembras encontrados en cada estación ( $X^2 = 0.63$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ; tabla XIX).

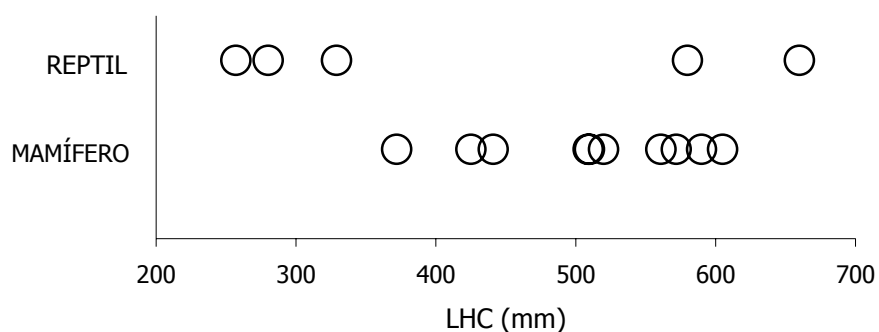
## 4. Dieta

### 4.1. Contenidos estomacales

De los muestreos entre 2002-2004, se examinaron 204 serpientes, de las cuales 203 estaban vivas y una fue hallada muerta (Apéndice III), y a las que se les examinó en búsqueda de contenidos estomacales. Se detectó presa en el 7.4% de los individuos ( $n = 15$ ); de éstos, siete eran machos, seis hembras y dos de sexo indeterminado. Estas

serpientes fueron capturadas 46.7% en arroyos y 53.3% en laderas, siendo el 60% individuos de coloración oscura y 40% de coloración clara.

El intervalo de la longitud hocico-cloaca (LHC) de los individuos con contenido estomacal (de cualquier taxón), fue de 257 a 660 mm ( $\bar{X} = 481 \pm 125$  mm; fig. 24), mientras que el intervalo de su peso fue de 11.5 a 222 gr. ( $\bar{X} = 86.1 \pm 60.4$  gr.).



**Figura 24.** Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes con contenido estomacal (n = 15) y taxón de la presa encontrada.

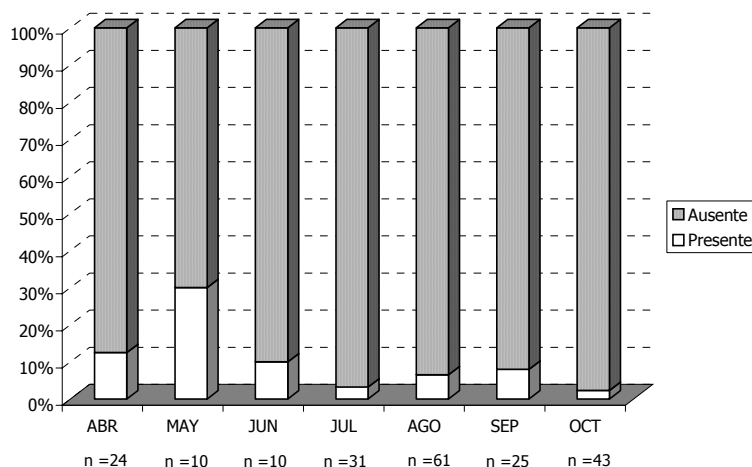
En los 15 contenidos estomacales obtenidos se encontraron 16 presas pertenecientes a sólo dos taxones: mamíferos y reptiles. De las presas, 11 (68.8%) correspondieron al ratón *Peromyscus slevini* (tres ratones machos, dos hembras, seis indeterminados); tres (18.8%) al cachorón *Dipsosaurus catalinensis* (sexos indeterminados), y dos (12.5%) a la lagartija verde *Uta squamata* (un macho y otra no determinada) (tabla XX).

Solamente una serpiente (macho de coloración clara, LHC 572 mm) presentó dos presas en su contenido estomacal, ambas del roedor *P. slevini* (Apéndice IV).

En cuanto al sentido de ingestión de las presas, se observó que el 100% fueron ingeridas en dirección cefálica, es decir, que fueron tragadas primero por la cabeza.

La proporción de serpientes encontradas con contenido estomacal varió durante el estudio, sin embargo, en la temporada seca se encontró el mayor número de individuos recién alimentados, con un pico en mayo, y una posterior disminución a inicios de la estación de lluvias (fig. 25). Posteriormente, en agosto y septiembre, esta proporción se incrementó nuevamente para disminuir en octubre.

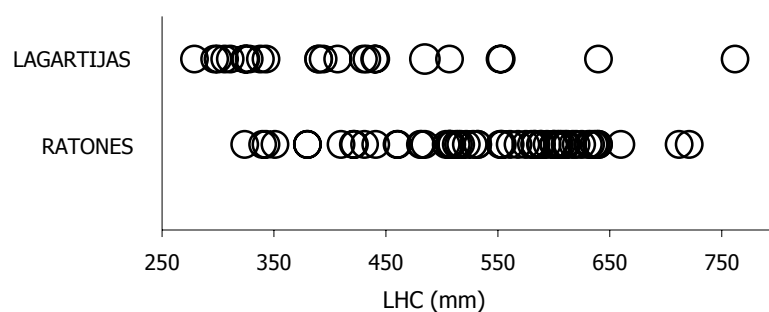
Al agrupar la proporción de serpientes con contenido estomacal por estación, se observó que *C. catalinensis* presenta mayor actividad de forrajeo en la temporada seca de manera altamente significativa ( $\chi^2 = 10.6$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.001$ ), de tal forma que se rechazó la hipótesis nula de igual proporción de alimentación entre temporadas.



**Figura 25.** Proporción mensual de serpientes con contenido estomacal.

## 4.2. Excretas

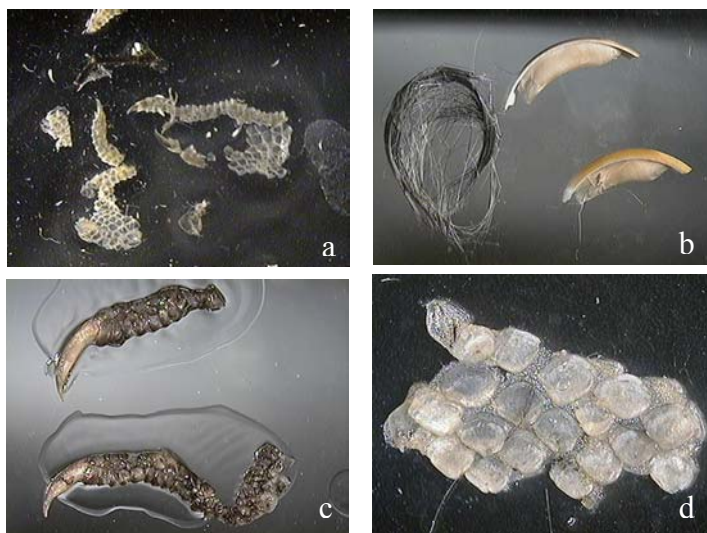
A partir de octubre del 2002 se examinaron 194 serpientes en búsqueda de excretas, de las cuales se obtuvieron 93 muestras. De éstas, el 80.6% (75 excretas) tuvo restos identificables, correspondiendo a 35 serpientes machos, 33 hembras y siete de sexo indeterminado. En cuanto a su coloración, 52 (69.3%) fueron individuos oscuros y 23 (30.7%) ejemplares claros. El intervalo de la LHC de estos individuos fue de 279 a 762 mm ( $\bar{X}=506 \pm 11.6$  mm; fig. 26), y su peso fluctuó entre los 11.5 gr. y los 222 gr. ( $\bar{X}=897 \pm 573$  gr.).



**Figura 26.** Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes con excreta identificada (n = 75) y taxón de la presa.

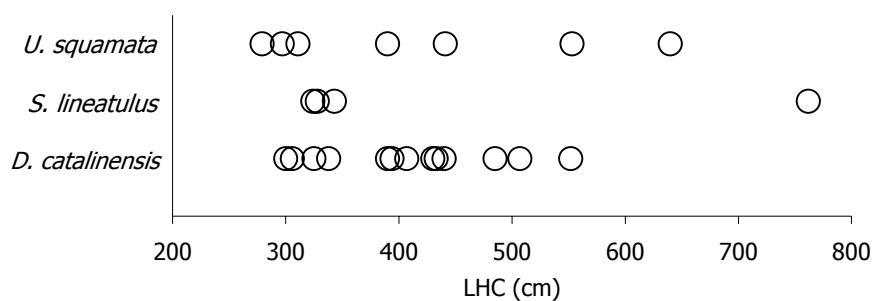
De las excretas identificadas se tuvieron 83 registros de presas pertenecientes a dos taxones: mamíferos y reptiles; 59 (71.1%) correspondieron a *P. slevini*; 13 (15.7%) a *D. catalinensis*; siete (8.4%) a *U. squamata*, y cuatro (4.8%) a *S. lineatulus* (tabla XX). Todas estas presas fueron identificadas a través de la observación de sus vestigios como uñas, pelo y escamas (fig. 27).





**Figura 27.** Vestigios de presas en las excretas de *C. catalinensis*.  
 a) Piel de *S. lineatulus*, b) pelo y dientes incisivos de *P. slevini*,  
 c) y d) dedos y piel de *D. catalinensis*.

La LHC de las serpientes que se alimentaron de diferentes especies de lagartija fue de los 279 mm a los 762 mm, como se observa en la fig. 28, donde también se aprecia que la mayoría de los registros se encontraron entre individuos con una talla menor a los 450 mm.



**Figura 28.** Longitud hocico-cloaca (LHC) de las serpientes que se alimentaron de diferentes especies de lagartija.

En las excretas de ocho serpientes se encontraron dos tipos diferentes de presa: en seis de ellas, se observaron restos tanto de mamífero como de reptil; en las otras dos, vestigios de dos especies diferentes de reptil. El intervalo en la LHC de las serpientes en que se encontraron restos de ratón y lagartija fue de 343 a 640 mm ( $\bar{X}=495 \pm 101$  mm, n = 6), con las combinaciones entre las presas *P. slevini* y: a) *U. squamata* (tres serpientes); b) *D. catalinensis* (dos serpientes), y c) *S. lineatulus* (una serpiente). Por su parte, las lagartijas encontradas en las dos serpientes fueron *D. catalinensis* y: a) *S. lineatulus* (serpiente de LHC = 325 mm), y b) *U. squamata* (serpiente de LHC = 395 mm).

**Tabla XX.** Tipo, frecuencia y porcentaje de presas en la dieta de *C. catalinensis* por estación. Los números entre paréntesis indican valores por grupo taxonómico. (S= estación seca, LL= estación de lluvias de verano)

	CONTENIDOS ESTOMACALES		EXCRETAS		TOTAL	%
	S	LL	S	LL		
<b>Mamíferos</b>					<b>(70)</b>	<b>(70.7)</b>
<i>Peromyscus slevini</i>	5	6	18	41	70	70.7
<b>Reptiles</b>					<b>(29)</b>	<b>(29.3)</b>
<i>Dipsosaurus catalinensis</i>	2	1	3	10	16	16.2
<i>Uta squamata</i>	0	2	1	6	9	9.1
<i>Sceloporus lineatulus</i>	0	0	0	4	4	4.0
<b>Total</b>					<b>99</b>	<b>100</b>

### 4.3. Comparación de dieta entre grupos

En la tabla XXI se muestra el resumen de las presas encontradas tanto en contenidos estomacales como en excretas, y se observa su frecuencia de aparición al clasificar a las serpientes por su coloración, sexo, clase de edad, temporada y lugar de captura, respectivamente.

Al buscar diferencias en la dieta entre las clases de cada grupo mencionado, se observó que no existe diferencia significativa en la dieta entre coloraciones ( $X^2 = 2.77$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ), sexos ( $X^2 = 0.18$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ), ni temporadas ( $X^2 = 1.01$ ,  $gl = 1$ ,  $P > 0.05$ ), pero sí entre hábitats ( $X^2 = 6.41$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.05$ ) y entre clases de edad ( $X^2 = 13.06$ ,  $gl = 1$ ,  $P < 0.001$ ).

**Tabla XXI.** Frecuencia de aparición del tipo de presa en excretas y contenidos estomacales al clasificar a las serpientes por su color, sexo, clase de edad, temporada y lugar de captura. Se muestran los valores Chi-cuadrada ( $X^2$ ) y su nivel de significancia ( $P$ ).  
(n= número de individuos, L= lagartija, R= ratón)

		<b>n</b>	<b>L</b>	<b>R</b>	$X^2$	<b>P</b>
COLORACIÓN	Clara	32	13	19	2.77	> 0.05
	Obscura	66	16	50		
SEXO	Machos	46	13	33	0.18	> 0.05
	Hembras	41	9	32		
CLASE DE EDAD	Juveniles	20	13	7	13.06	< 0.001**
	Adultos	78	16	62		
TEMPORADA	Seca	29	6	23	1.01	> 0.05
	Lluvia	69	23	46		
HÁBITAT	Arroyo	31	15	16	6.41	< 0.05*
	Ladera	40	7	33		

\* Significativo    \*\* Altamente significativo

Finalmente, se encontró diferencia significativa ( $Z = 3.31$ ,  $P > 0.001$ ) entre el tamaño (LHC) de las serpientes que se alimentaron de lagartijas y de las que lo hicieron de ratones (tabla XXII).

**Tabla XXII.** Promedio, desviación estándar (D. E.), y valor mínimo y máximo de la longitud hocico-cloaca (mm) de las serpientes que se alimentaron de lagartijas y ratones.

	<b>n</b>	<b>Promedio</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Lagartijas</b>	32	449	117	279	762
<b>Ratones</b>	64	528	106	257	721

## 5. Hábitat

Se realizó la caracterización del hábitat de 78 serpientes capturadas, de las cuales: 40 (51.3%) fueron machos, 33 (42.3%) hembras (ninguna grávida), y cinco (6.4%) de sexo indeterminado; en cuanto a su coloración, 30 (38.5%) fueron claras y 48 (61.5%) oscuras; respecto a su edad, once (14.1%) fueron juveniles y 67 (85.9%) adultos, y en relación a su comportamiento, 55 (70.5%) se encontraban enroscadas y 23 (29.5%) en movimiento. Respecto al sitio de captura, 35 (44.9%) se encontraron sobre arroyos y 42 (53.8%) sobre laderas y no se registró el dato de un individuo (1.3%).

A partir de un análisis preliminar de los datos, se eliminaron las variables altamente correlacionadas ( $r > 0.90$ ) (Reinert, 1984a), de tal forma que la caracterización del hábitat de *C. catalinensis* se realizó omitiendo las variables: DPV1, DPV2 y DPV3.

Con el fin de buscar las diferencias en el uso del hábitat entre grupos, se generaron diversas matrices de datos, las cuales fueron sometidas al análisis de funciones discriminantes (AFD). En el primer conjunto de matrices, los individuos se agruparon de acuerdo a su sexo (macho o hembra), a su coloración (clara u oscura) y a su sitio de captura (arroyo o ladera), respectivamente, como se observa en la tabla XXIII.

**Tabla XXIII.** Resultados del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso del hábitat entre sexos, coloraciones y sitio de captura. (H = hembra, M = macho; C = clara, O = oscura; A = arroyo, L = ladera)

<b>TIPO</b>	<b>MATRÍZ</b>	<b>GRUPOS A CLASIFICAR</b>	<b>Wilks' <math>\lambda</math></b>	<b>ANOVA F</b>	<b>P</b>
Sexo	H - M	2	0.90	F (9, 63) = 0.72	P < 0.68
Coloración	C - O	2	0.77	F (9, 68) = 2.14	P < 0.03*
Sitio de captura	A - L	2	0.45	F (9, 68) = 9.01	P < 0.0000**

\* Significativo    \*\* Altamente significativo

En esta tabla (XXIII), se puede apreciar que no existieron diferencias en el uso del hábitat entre machos y hembras; por otro lado, aunque se observó una diferencia significativa entre coloraciones (eigenvalor = 0.28,  $X^2_{(9)} = 17.8$ ,  $P = 0.03$ ), con el 57% de individuos claros y el 85% de oscuros bien clasificados, el bajo eigenvalor indicó una muy baja proporción de la varianza explicada por la función discriminante. Finalmente, se observó una diferencia altamente significativa entre las serpientes halladas en laderas o arroyos (eigenvalor = 1.19,  $X^2_{(9)} = 56.16$ ,  $P = 0.00001$ ), con el 93% y 81% de los individuos bien clasificados, respectivamente.

Dado que la misma serie de datos (78 casos) fue utilizada en los anteriores análisis, variando únicamente la forma en que éstos se agruparon, y que sólo al clasificarlos por tipo de hábitat se observó una diferencia altamente significativa, se realizó una prueba de Chi-cuadrada para buscar asociación entre sexos y coloraciones con el hábitat en que fueron encontrados, respectivamente. Se observó que no hubo asociación entre hábitat y sexo, sin embargo, sí la existió entre el primero y la coloración (tabla XXIV), es decir, que el hábitat de los individuos de un color se caracterizó en mayor proporción sobre laderas que en arroyos; de esta forma, la diferencia observada en el uso de hábitat entre coloraciones, se debió al efecto del sitio de captura y no a distintas preferencias de hábitat entre coloraciones.

**Tabla XXIV.** Frecuencia de aparición de sexos y coloraciones por tipo de hábitat.  
(se observó una asociación entre coloración y hábitat)

	<b>ARROYO</b>	<b>LADERA</b>	$X^2$	<i>P</i>
<b>Macho</b>	17	23	0.01	0.91
<b>Hembra</b>	14	18		
<b>Clara</b>	18	12	4.19	0.04*
<b>Oscura</b>	17	30		

\* Significativo

En la tabla XXV se muestran las variables que en mayor grado contribuyeron a la separación entre los sitios de captura (arroyo y ladera), de acuerdo con el AFD. Posteriormente, mediante un análisis canónico con el que se calculó la correlación de las variables originales con la función discriminante generada, se determinó que dicha

separación se basa principalmente en las diferencias en su proximidad a: 1) plantas entre 0 y 60 cm, 2) a biznagas mayores de 60 cm, y 3) a rocas mayores de 50 cm (tabla XXVI).

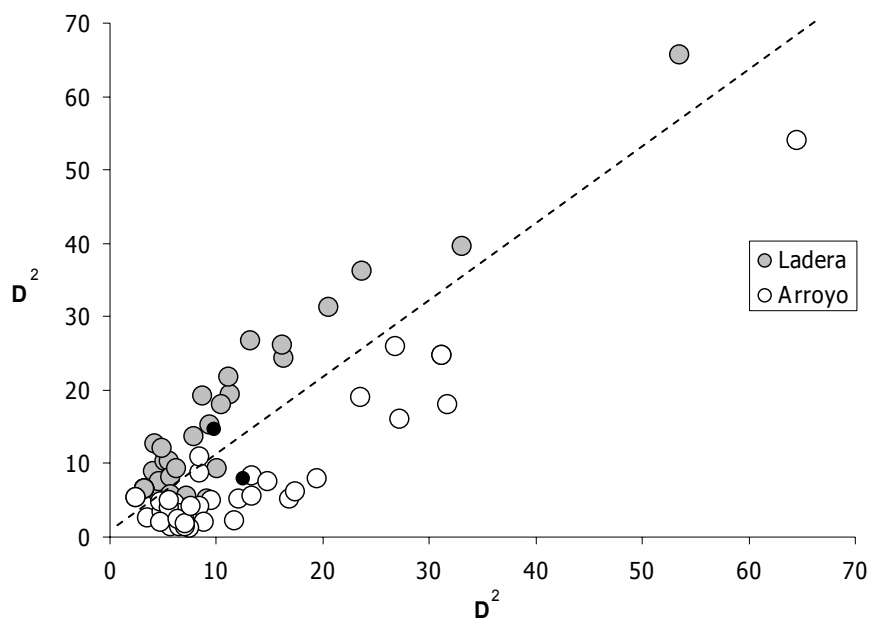
**Tabla XXV.** Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) al agrupar a los individuos por sitio de captura (arroyo o ladera).  
(\* variables significativas,  $P \leq 0.05$ )

<b>Variable</b>	<b>Wilks' Lambda</b>	<b>Partial Lambda</b>	<b>F-remove (1,68)</b>	<b>p-level</b>	<b>Toler.</b>	<b>1-Toler. (R-Sqr.)</b>
<b>D1*</b>	0.57	0.81	16.31	<b>0.000</b>	0.78	0.22
<b>D2</b>	0.46	0.98	1.10	0.298	0.69	0.31
<b>D3*</b>	0.48	0.94	3.99	<b>0.050</b>	0.90	0.10
<b>DCARM</b>	0.46	0.98	1.20	0.277	0.59	0.41
<b>CARVIV*</b>	0.56	0.81	15.76	<b>0.000</b>	0.27	0.73
<b>DBIZ*</b>	0.49	0.93	5.02	<b>0.028</b>	0.39	0.61
<b>R1</b>	0.46	1.00	0.29	0.593	0.71	0.29
<b>R2</b>	0.48	0.95	3.65	0.060	0.62	0.38
<b>R3*</b>	0.50	0.91	6.44	<b>0.013</b>	0.31	0.69

**Tabla XXVI.** Correlación entre las variables originales y la función discriminante generada al agruparlas por sitio de captura.  
(\* mayor correlación,  $r \geq 0.32$ )

<b>VARIABLE</b>	<b>R</b>
<b>D1*</b>	-0.53
<b>DBIZ*</b>	-0.49
<b>R3*</b>	-0.45
<b>R2</b>	-0.31
<b>D3</b>	0.29
<b>R1</b>	-0.22
<b>CARVIV</b>	-0.14
<b>D2</b>	-0.10
<b>CARM</b>	-0.05

En la fig. 29, se observan los valores medios de las variables de cada grupo (centroides) y la distancia a éstos de los individuos del respectivo grupo. Aunque la separación entre los integrantes de los grupos no es muy notoria, al trazar una línea diagonal entre los dos ejes, se puede apreciar que los individuos hallados en las laderas se alinean en la parte superior izquierda, mientras que los encontrados en arroyos lo hacen en la porción inferior derecha.



**Figura 29.** Ubicación de los individuos en arroyo o ladera con respecto a su centroide (puntos oscuros).



Dado que se observó que el sitio de captura podría influir en la clasificación de otros grupos, se analizó el uso del hábitat de las serpientes de diferente coloración y sexo dentro de cada tipo de hábitat por separado, y finalmente, se analizaron todas las combinaciones posibles entre sexo, coloración y tipo de hábitat, como se observa en la tabla XXVII.

**Tabla XXVII.** Resultados del análisis de funciones discriminantes (AFD) respecto al uso del hábitat entre sexos y coloraciones por lugar de captura.  
(H = hembra, M = macho; C = clara, O = oscura; A = arroyo, L = ladera)

<b>TIPO</b>	<b>MATRÍZ</b>	<b>GRUPOS A CLASIFICAR</b>	<b>Wilks' <math>\lambda</math></b>	<b>ANOVA F</b>	<b>P</b>
Sexos ladera	L (H - M)	2	0.81	F (9, 31) = 0.76	P < 0.65
Sexos arroyo	A (H - M)	2	0.64	F (9, 21) = 1.26	P < 0.31
Coloración ladera	L (C - O)	2	0.70	F (9, 32) = 1.52	P < 0.61
Coloración arroyo	A (C - O)	2	0.78	F (9, 26) = 0.81	P < 0.19
Sexo y coloración en arroyo	H (C - O) M (C - O)	4	0.34	F (27, 59) = 0.96	P < 0.53
Sexo y coloración en ladera	H (C - O) M (C - O)	4	0.44	F (27, 85) = 0.99	P < 0.48
Sexo, coloración y sitio de captura	A ((H - M)(C - O)) L ((H - M)(C - O))	8	0.23	F (63, 327) = 1.52	P < 0.01**

\*\* Altamente significativo

De este segundo grupo de matrices (tabla XXVII), únicamente se observaron diferencias significativas al clasificar a los individuos de cada sexo y coloración encontrados en cada tipo de hábitat (p. e. macho-oscuro-arroyo, macho-oscuro-ladera, macho-claro-arroyo, macho-claro-ladera, etc.). De las siete funciones discriminantes generadas en esta matriz de datos, solamente la primera fue significativa (eigenvalor =

1.31,  $X^2_{(63)} = 91.9$ ,  $P = 0.01$ ) y como se puede ver en la tabla XXVIII, solamente una variable contribuyó en mayor grado a dicha separación.

**Tabla XXVIII.** Resultado del análisis de funciones discriminantes (AFD) de la matriz de ocho grupo.  
(\* variables significativas,  $P \leq 0.05$ )

<b>Variable</b>	<b>Wilks' Lambda</b>	<b>Partial Lambda</b>	<b>F-remove (7,57)</b>	<b>p-level</b>	<b>Toler.</b>	<b>1-Toler. (R-Sqr.)</b>
<b>D1</b>	0.29	0.81	1.93	0.08	0.77	0.23
<b>D2</b>	0.26	0.90	0.89	0.52	0.64	0.36
<b>D3</b>	0.26	0.91	0.85	0.55	0.85	0.15
<b>DCARM</b>	0.26	0.92	0.69	0.68	0.63	0.37
<b>DCARVIV*</b>	0.30	0.77	2.41	<b>0.03</b>	0.32	0.68
<b>DBIZ</b>	0.28	0.84	1.56	0.16	0.39	0.61
<b>R1</b>	0.25	0.93	0.60	0.75	0.74	0.26
<b>R2</b>	0.26	0.89	1.00	0.44	0.66	0.34
<b>R3</b>	0.27	0.88	1.11	0.37	0.34	0.66

Sin embargo, al efectuar el análisis de correlación canónica se encontró que la separación entre estos ocho grupos también se basó en sus diferencias en la proximidad a: 1) plantas de entre 0 y 60 cm, 2) a biznagas mayores de 60 cm, 3) a rocas mayores de 50 cm, y 4) a rocas entre 25 y 50 cm (tabla XXIX).

**Tabla XXIX.** Correlación entre las variables originales y la única función discriminante significativa generada con ocho grupos.  
(\* mayor correlación,  $r \geq 0.32$ )

<b>VARIABLE</b>	<b>R</b>
<b>D1*</b>	-0.62
<b>DBIZ*</b>	-0.56
<b>R3*</b>	-0.51
<b>R2*</b>	-0.45
<b>D3</b>	0.25
<b>DCARVIV</b>	-0.22
<b>R1</b>	-0.19
<b>DCARM</b>	-0.11
<b>D2</b>	-0.07

## 6. Estado de conservación de *C. catalinensis* (MER)

### **Criterio A.** Amplitud de la distribución de *C. catalinensis* en México.

Dado que esta especie es endémica de la Isla Santa Catalina (Beaman y Wong, 2001), la cual presenta un área de tan sólo 40.99 km<sup>2</sup> de superficie (Murphy *et al.*, 2002), se considera a *C. catalinensis* como una especie de distribución muy restringida, por lo que en este criterio se asignó el valor de 4.

### **Criterio B.** Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural de *C. catalinensis*.

Se considera que la Isla Santa Catalina es un hábitat limitante para *C. catalinensis* por lo que se asignó un valor de 2, dado que:

1) En ella habita únicamente una especie de mamífero terrestre, el roedor *Peromyscus slevini*, el cual comprende el 70% de la dieta de *C. catalinensis*. De esta forma, cualquier amenaza en contra este ratón, pondría también en peligro la

existencia de la serpiente, ya que no existe en la isla otra fuente de alimento tan importante para las cascabeles, como lo son los mamíferos pequeños.

2) Se determinó que las crías de *C. catalinensis* nacen en los arroyos, sin embargo, éstos ocupan solamente una pequeña fracción de la isla. Así pues, dada la importancia del uso que esta especie hace de este hábitat y lo limitado de su extensión, cualquier alteración que sufra pondría en riesgo la conservación de esta serpiente.

**Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca de *C. catalinensis*.**

Se considera que esta especie presenta un grado medio de vulnerabilidad, de tal forma que se le asignó un valor de 2, de acuerdo a las siguientes:

- 1) Presenta una tasa baja de reclutamiento ya que las serpientes de cascabel alcanzan la madurez sexual hasta los dos o tres años de edad, y pueden presentar períodos reproductivos hasta cada tres años (Rubio, 1998).
- 2) Se ha observado que *C. catalinensis* tiene camadas solamente de dos o tres individuos (Grismer, 2002).
- 3) Presenta un alto grado de mortalidad de crías durante su primer año de vida.
- 4) Puede presentar baja variabilidad genética por lo reducido de su hábitat (Frankham, 1996) y ser más susceptible a fluctuaciones en su tamaño poblacional por estocasticidad demográfica y estocasticidad ambiental (Caughley y Gunn, 1996).

- 5) Es susceptible a la muerte por personas y depredadores, así como a la colecta ilegal, por la pérdida de comportamiento de huida y porque puede ser encontrada en grupos de hasta siete individuos en un mismo sitio.
- 6) Esta especie presenta dos formas de coloración: individuos claros e individuos oscuros (Beaman y Wong, 2001), y aparentemente está sujeta a un proceso de selección natural que favorece a las serpientes oscuras, de tal forma que una parte de su población (serpientes claras) parece ser más vulnerable a la desaparición.
- 7) En estado adulto, presenta una dieta especializada en un solo tipo de presa, por lo depende de ésta para sobrevivir.

**Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre *C. catalinensis*.**

Aunque en la Isla Santa Catalina no hay asentamientos humanos, ni se ha fragmentado el hábitat, ni existen obras de infraestructura, existen varias razones por las que se considera que el impacto del hombre es medio, y por las que a esta categoría se le ha asignado un valor de 3:

- 1) Esta isla es visitada por pescadores, turistas, personal del PNBL, técnicos de ONG's e investigadores, de tal manera que existe un continuo contacto entre las personas y la fauna local; muchos de estos encuentros son fatales para las serpientes de cascabel que, debido a la ignorancia, la falta de información o capacitación, y al miedo que las personas generalmente sienten hacia ellas, son muertas inmediatamente.
- 2) Desde 1994 se reportó la presencia del gato feral (*Felis catus*) en la Isla Santa Catalina (Wood, *et al.*, 2002), y se demostró que depredaba a toda su fauna,

incluyendo a *C. catalinensis* (Arnaud, comunicación personal). De esta forma, el gato feral afectaba directamente a esta serpiente por depredación, e indirectamente por competencia por presas (lagartijas y ratones), y aunque actualmente se le considera aparentemente erradicado de la isla (Tershy, B., comunicación personal), es posible que la población de esta serpiente aún no se haya recuperado de sus efectos negativos.

3) En la Península de Baja California, la colecta, comercio y tráfico ilegal de especies, principalmente de las endémicas insulares, representan una de las principales amenazas contra la herpetofauna (Mellink, 1995). Aunque no existen datos sobre el impacto de estas actividades sobre *C. catalinensis*, es muy probable que sea alto, pues sus características como: ser endémica, presentar dos tipos de coloración, y la ausencia de cascabel, la pueden hacer muy atractiva para los traficantes.

De acuerdo con los valores asignados a cada criterio, el valor final obtenido fue de 11 unidades (tabla XXX), lo cual indica que la serpiente de cascabel *C. catalinensis* debe mantenerse en la categoría de **Amenazada** dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001.

**Tabla XXX.** Resultados del Método de Evaluación del Riesgo de extinción (MER) aplicado a la especie *C. catalinensis*.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	A	B	C	D	TOTAL
<i>Crotalus catalinensis</i>	Serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina	4	2	2	3	11

## DISCUSIÓN

### 1. Abundancia

Durante los muestreos para determinar la abundancia relativa, se registraron diferentes valores en el esfuerzo de búsqueda entre meses y entre sitios de colecta (arroyo y ladera), a pesar que se tuvo un horario de trabajo establecido. Esto se debió principalmente a tres causas: 1) que en algunas salidas de campo no se pudo permanecer durante los cinco días en la isla por complicaciones climáticas, como sucedió en mayo; 2) que la toma de datos biológicos de las serpientes (con una duración aproximada de 20 minutos), redujo el tiempo disponible para su búsqueda conforme se capturaban más ejemplares, y 3) que en algunas cañadas el acceso desde las laderas hacia el arroyo era imposible por lo denso de la vegetación y la baja visibilidad durante la noche, de tal forma que sólo se muestreaba por la ladera.

Por otra parte, existen otros factores que pudieron influir en los valores de ARM obtenidos, siendo el principal de ellos el tipo de muestreo empleado. Dado que la ARM se calculó mediante un método visual (número de serpientes observadas por hora de búsqueda), y que diferentes personas participaron en los muestreos, es posible que las diferentes capacidades de éstas para localizar a las serpientes hayan contribuido en la variación de los datos (Rodda, 1993; May, *et al.*, 1996); así como también la diferente probabilidad de encuentro que existe entre las serpientes de diferentes tamaños, colores, y en diferentes microhábitats (Oliveira y Martins, 2001). Sin embargo, aunque solamente dos

personas participaron en todos los muestreos, se considera que eso no influyó considerablemente en los resultados, puesto que siempre trabajaron en equipos de búsqueda diferentes, y sólo variaron los individuos que los acompañaron en su respectiva ruta de muestreo, entre los cuales algunos colaboraron hasta en tres visitas a la isla.

Aunque para el muestreo se seleccionaron cinco localidades con características similares y homogénea distribución en la isla, no pudieron ser visitadas en todas las salidas de campo, y fueron remplazadas por otras cuyas características no eran tan favorables para la búsqueda de serpientes (como la presencia de vegetación densa que no permitía el fácil desplazamiento). Esto produjo una reducción en el área muestreada, así como en el número de serpientes observadas, en comparación con las otras cañadas. De esta forma, es posible que la baja ARM de mayo se haya debido a que sólo se visitaron dos de las cinco cañadas originalmente seleccionadas, y que solamente se muestreó durante tres días. En cambio, dado que en los demás meses se visitaron al menos tres de las cinco localidades seleccionadas y que se muestreó por lo menos durante cuatro días, los resultados de éstos son más confiables.

En mayo y junio de 2003, en que se efectuaron los primeros muestreos para calcular la ARM, se observaron solamente diez serpientes, mientras que en julio y agosto de 2004, que fueron los últimos meses muestreados (tabla I), se observaron 38 y 59 serpientes, respectivamente. Dado que estos meses de alta y baja abundancia pertenecen a temporadas cuyas condiciones climáticas son diferentes (Salinas-Zavala, *et al.*, 1990), resulta difícil



precisar en qué grado la variación en los resultados se debió a un incremento en la experiencia del personal o a un factor estacional intrínseco de la especie.

## **2. Patrón de actividad de *C. catalinensis***

Sin perder de vista las anteriores consideraciones sobre los resultados, se observó que *C. catalinensis* mostró un patrón de actividad unimodal, esto es, con un sólo pico a lo largo de su período de actividad (Gibbons y Semlitsh, 1987), puesto que se observó en mayor cantidad que lo esperado durante la temporada de lluvias, principalmente en julio y agosto.

Este incremento de actividad durante el verano coincide con lo reportado en otras especies de cascabel, por ejemplo: *Crotalus atrox*, *C. molossus* y *C. tigris*, que exhibieron mayor actividad durante el “verano húmedo” (julio-octubre) en Arizona, E.U.A. (Beck, 1995); *C. adamanteus*, que presentó mayor actividad de septiembre a noviembre en Florida, E.U.A. (Timmerman, 1995); *C. mitchelli*, que se mostró más activa de junio a septiembre y *C. cerastes* que presentó mayor actividad en mayo y octubre, ambas en California, E.U.A. (Moore, 1987).

Según Gibbons y Semlitsh (1987) el incremento en la actividad de una serpiente puede estar asociado a: 1) los movimientos desde las áreas de hibernación hacia las áreas de alimentación y de regreso, 2) al uso y selección del hábitat principalmente asociado a su potencial para el forrajeo, o 3) a diferencias sexuales en el comportamiento, sobretodo en períodos reproductivos. Así pues, Beck (1995), mencionó que el incremento en la actividad

de las tres especies de cascabel de su estudio, se vio asociado a un cambio en el uso de su hábitat desde zonas rocosas en los meses fríos hacia áreas abiertas durante los meses más calientes, en las que además, se registró un incremento en su actividad alimenticia; por su parte, Means (en Timmerman, 1995), sugirió que el incremento en la actividad de *C. atrox* se debió al aumento en los movimientos de los machos en búsqueda de hembras para la reproducción, al incremento en el forrajeo, así como a los movimientos asociados a su período de hibernación; finalmente, Moore (1987), concluyó que el incremento en la actividad de *C. cerastes* y *C. mitchelli* se debió a un aumento en su alimentación.

Respecto a lo observado en este estudio con *C. catalinensis*, aparentemente no existe asociación entre su patrón de actividad con ninguno de los esquemas de comportamiento mencionados por Gibbons y Semlitsh (1987). Por ejemplo, aunque se observó que se alimenta durante todo su período de actividad, presentó un incremento en su actividad alimenticia durante la estación seca, de tal forma que el aumento en su actividad durante la estación de lluvias podría deberse a otras causas. Sin embargo, como se discute más adelante, este resultado no es muy confiable, y podría ser que durante la temporada de lluvias lleve a cabo más intensamente su actividad alimenticia.

Por otro lado, tampoco se cree que exista relación entre su pico de actividad con movimientos asociados a la hibernación, puesto que se ha demostrado que las serpientes que habitan en latitudes menores a los 38° (como es el caso de *C. catalinensis*), y, por lo tanto, que no están sujetas a regímenes climáticos tan bruscos, pasan el invierno en refugios

individuales dentro de su misma área de alimentación, de tal forma que no utilizan invernáculos comunales y no tienen que realizar migraciones (Sexton *et al.*, 1992).

En cuanto a la reproducción, en ninguno de los meses en que se realizó el muestreo nocturno se observó comportamiento alguno asociado a ésta, como: el cortejo en pareja, lucha ritual entre machos, o la misma cópula (Klauber, 1982); además, dado que Goldberg y Beaman (2003), sugirieron que *C. catalinensis* presenta un ciclo reproductivo similar al de otras especies de cascabel de Norteamérica (con cópulas en primavera), tampoco se podría asociar su pico de actividad a un incremento en el movimiento de los machos en búsqueda de hembras para el cortejo. Sin embargo, dado que en otras cascabeles (*C. horridus*) se ha observado que los eventos reproductivos se pueden extender hasta el verano (Duvall *et al.*, 1992), hasta que se cuente con datos más precisos sobre el ciclo reproductivo de *C. catalinensis* se podrá determinar con mayor precisión el papel de la reproducción en su incremento de actividad durante la estación lluviosa.

A pesar que *C. catalinensis* exhibió su pico de actividad durante los meses con mayor temperatura y precipitación, en general, no se observó correlación entre las variables climáticas y la ARM. Puesto que los reptiles presentan una gran capacidad de ahorrar energía (Murphy, 1983) y las cascabeles pueden soportar largos períodos de ayuno (Beck, 1995), se considera que las condiciones “favorables” del verano tampoco fueron la principal causa del incremento en su actividad, pero posiblemente sí influyeron en la actividad de sus presas.

Por otra parte, es posible que el pico de actividad en verano se asocie a un incremento en la actividad post-parto de las hembras grávidas del año, dado que en agosto hubo un incremento considerable en el número de hembras capturadas, así como de juveniles observados comparado con el mes anterior. Es posible que muchas de ellas hayan dado a luz a sus crías y posteriormente hayan incrementado su actividad en búsqueda de alimento para recuperar peso y generar reservas para pasar el invierno, pues se sabe que llegan a invertir hasta la mitad de su peso corporal durante la gestación (Rubio, 1998).

### **3. Datos biológicos y ecológicos**

Grismer (2002) mencionó que *C. catalinensis* solamente podía ser encontrada en los arroyos, sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio demostraron lo contrario, puesto que se observó también sobre las laderas y los individuos adultos no exhibieron preferencia por ninguno de estos dos hábitats entre las dos temporadas de muestreo.

Puesto que principalmente las serpientes de zonas templadas presentan cambios en el uso del hábitat entre su período inactivo (invierno) y el activo (verano), ocupando áreas rocosas en el primero y áreas abiertas en el último (Klauber, 1982; Gibbons y Semlitsh, 1987; Beck, 1995; Rubio, 1998), la ausencia de temporalidad en el uso del hábitat de *C. catalinensis* no se considera anómala, ya que: 1) no es una especie nortea (habita en una latitud menor a los 38°), y 2) se comparó el uso del hábitat entre dos temporadas que abarcan el mismo período de actividad.

Dado que no existen grandes distancias entre laderas y arroyos, es posible que los adultos se muevan constantemente entre estos dos hábitats mediante desplazamientos cortos, ya que durante todos los muestreos muchos de ellos se observaron en movimiento, bajando las laderas y atravesando los arroyos. Es posible que la mayor rocosidad y densidad vegetal de las laderas con respecto a los arroyos, produzca gradientes de temperatura y esto influya en los movimientos de *C. catalinensis* entre estos dos hábitats. Sin embargo, hasta que se tenga un estudio más detallado sobre sus movimientos (como el monitoreo mediante radio-telemetría), se podrá comprobar dicha suposición.

### **3.1. Hábitos arborícolas**

Lillywhite y Henderson (2001) mencionaron que una serpiente “arborícola” es aquella que pasa por lo menos el 50% de su vida sobre la vegetación; en cambio, señalaron que cualquier serpiente que utilice este tipo de hábitat, ya sea en alta o baja proporción, puede considerarse de “hábitos arborícolas”. En este sentido, dado que *C. catalinensis* fue observada en diversas ocasiones sobre la vegetación, efectivamente es una especie con hábitos arborícolas, tal como se había mencionado anteriormente (Campbell y Lamar, 1989; Grismer, 1999, 2002; Beaman y Wong, 2001).

Según Klauber (1982) es común que las cascabeles suban ocasionalmente a la vegetación; este autor, mencionó que *C. horridus* y *C. molossus*, presentan más frecuentemente este comportamiento, sin embargo, no precisó con qué intensidad; por el

contrario, Timmerman (1995), en un estudio de telemetría con *C. adamanteus*, en el que realizó más de 700 relocalizaciones, solamente en una ocasión (0.1% de las observaciones) encontró a un individuo sobre un arbusto. *C. catalinensis*, por su parte, se encontró sobre la vegetación en el 9.8% de las observaciones, sin embargo, es posible que lo haga en mayor proporción puesto que los individuos eran difíciles de distinguir y se pudieron pasar por alto en muchas ocasiones.

Así pues, se considera que *C. catalinensis* presenta una mayor tendencia a utilizar los arbustos que otras cascabeles, sin embargo, las causas de dicho uso aún son inciertas. Klauber (1982), mencionó que una de las razones por la que lo hacen es para buscar alimento. En este sentido, para el caso de *C. catalinensis*: 1) la mayor incidencia de individuos adultos sobre la vegetación; 2) la altura moderada sobre el nivel del suelo a que fueron localizados; 3) el hallazgo sobre un arbusto de una serpiente que había consumido dos ratones; 4) la observación de otras serpientes sobre arbustos en posición de caza, así como, 5) los hábitos arborícolas de *P. slevini*, podrían indicar que esta especie sube a la vegetación en espera de potenciales presas, tales como ratones y aves, al igual que ocurre con *C. horridus* (Reinert *et al.*, 1984; Coupe, 2001).

Por otra parte, dado que julio fue el mes más cálido, y que en él se encontró la mayor cantidad de serpientes sobre la vegetación, podría ser que las serpientes suban a los arbustos para evitar el contacto con el suelo caliente. Sin embargo, aunque no se observó diferencia significativa entre la temperatura corporal de las serpientes y la temperatura del

suelo, se considera que esta suposición no está completamente comprobada dado que el número de observaciones fue muy reducido.

### **3.2. Variación mensual en coloración**

En general, durante el estudio se capturaron más individuos de coloración oscura que clara (tabla X). Los ejemplares oscuros fueron más difíciles de observar sobre las laderas, sobre todo cuando estaban enroscados, puesto que presentan el mismo color que el sustrato de éstas; por su parte, los claros fueron más crípticos en los arroyos por la similitud de su coloración con la del suelo arenoso de éstos, sin embargo, no fueron tan difíciles de detectar.

La diferente proporción de individuos claros y oscuros se podría deber a la diferente probabilidad de encuentro que existe entre fenotipos diferentes en diferentes hábitats (Oliveira y Martins, 2001), sin embargo, dado que se observaron más individuos oscuros a pesar de ser más difíciles de detectar y puesto que no se observó una asociación entre la coloración y el tipo de hábitat, los resultados no pueden ser atribuidos a errores en el muestreo.

Una posible causa de la diferente proporción de individuos de cada coloración podría ser la susceptibilidad que cada una presenta ante la depredación, como se ha observado en otras especies. Andrén y Nilson (1988), en un trabajo con *Vipera berus*, habitante de islas de la costa este de Suecia, en el Mar Báltico, observaron que los

individuos con coloración más visible sufrieron mayor depredación que los de coloración más críptica. King (1993), observó que en la culebra de agua *Nerodia sipedon*, de las Islas del lago Erie (Canadá), los individuos más crípticos fueron favorecidos por selección natural, y Reinert (1984b), en su estudio con *C. horridus*, mencionó que las diferencias en el uso del hábitat entre los individuos de diferente coloración se pudieron deber a las ventajas que cada hábitat les proporcionó para pasar inadvertidas antes sus depredadores y sus presas.

De esta forma, aunque en la Isla Santa Catalina no existen depredadores terrestres naturales y el gato feral se considera erradicado (Tershy, B., comunicación personal), sí se observaron aves de presa como la lechuza de campanario (*Tyto alba*) y la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), las cuales se pueden alimentar de cascabeles (Klauber, 1982). Por lo tanto, es probable que se observaran más serpientes oscuras porque: 1) son más abundantes que las claras dado que son menos depredadas, o 2) se encontraban más activas debido a que su coloración les ayuda a pasar desapercibidas ante sus depredadores, mientras que las claras al ser más conspicuas, disminuyen su actividad o la restringen a áreas con mayor cobertura vegetal, en las que no se pudo muestrear.

Por otro lado, existe la creencia que las serpientes oscuras tienen más ventajas adaptativas que las de coloración más clara; Madsen y Stille (1988) observaron que los individuos melánicos de *Vipera berus* presentaron una mayor tasa de crecimiento y adquirieron mayores tallas que los individuos de coloración normal (cuerpo claro con manchas oscuras en el dorso). Explicaron que dichas características se pudieron deber a



que su coloración les permitió absorber más calor, lo cual provocó un rápido metabolismo, más rápida digestión de sus presas, mayor frecuencia de alimentación, mejor condición física y, por lo tanto, mayor éxito reproductivo.

De esta forma, podría ser posible que la mayor proporción de individuos oscuros, tanto en adultos como en juveniles (68% en cada caso), se deba a las ventajas que su capacidad para absorber calor les confiere, las cuales desencadenan un mayor éxito reproductivo. Sin embargo, a diferencia de *V. berus*, *C. catalinensis* habita un ambiente donde la disponibilidad de sol y calor es ilimitada, incluso excesiva, por lo que es poco probable que existan diferencias entre coloraciones en la capacidad de absorber calor. Además, no se observó diferencia significativa en el tamaño entre los individuos de cada coloración, ni se detectó una asociación entre el sexo y la coloración (tabla XIV). Finalmente, existen trabajos que contradicen la hipótesis de las ventajas termoregulatorias de individuos oscuros, ya que no se observaron diferencias en la tasa de crecimiento entre éstos y los de coloración normal (Forsman y Ås, 1987; Forsman, 1993).

### **3.2.1. Punta arenas**

La localidad Punta arenas se discute de forma independiente dado que sus características particulares la hacen diferente del resto de la isla. Allí se llevaron a cabo cuatro visitas equivalentes a 26 horas de búsqueda, en las que se encontraron 21 serpientes, todas de coloración oscura. Este resultado difícilmente puede ser atribuido a las diferencias en la “detectabilidad” entre coloraciones, puesto que las serpientes claras, en

general, fueron más fáciles de encontrar que las oscuras, y de haber estado presentes en este sitio probablemente se habrían observado.

Se considera poco probable que las serpientes de esta localidad se muevan hacia otros sitios dado que: 1) aquí se recapturaron dos serpientes (con uno y siete meses de diferencia entre captura y recaptura, respectivamente), 2) esta localidad se encuentra aislada del resto de la isla por un acantilado alto y de pendiente muy pronunciada, y 3) se ha demostrado que los vipéridos terrestres no toleran mantener su cuerpo en una posición inclinada (no horizontal), por complicaciones cardiovasculares (Lillywhite, 1993). De esta forma, es posible que en Punta arenas esté ocurriendo más intensamente el proceso de selección natural a favor de los individuos oscuros.

### **3.3. Tamaño y peso**

Durante todos los meses se observaron individuos de diversos tamaños y pesos. Sin embargo, entre agosto y octubre, fue evidente la incorporación de los recién nacidos a la población, puesto que en este lapso se registraron las serpientes más pequeñas, corroborando el período de nacimientos mencionado por Grismer (2002). De esta forma, el alto valor de ARE durante la temporada de lluvia se debió, en parte, al reclutamiento de los juveniles a la población.

El individuo más grande que se encontró fue un macho color oscuro, con una LHC de 768 mm. Este registro, supera al reportado anteriormente por Beaman y Wong (2001), quienes mencionaron que el individuo más grande tenía una LHC = 731 mm.

Al graficar el tamaño contra el peso de los individuos mediante datos transformados logarítmicamente, se observó que *C. catalinensis* es una especie que incrementa su peso proporcionalmente a su tamaño, puesto que hubo una alta correlación entre estas dos medidas. Esta “corpulencia” es común entre las serpientes de cascabel (Klauber, 1982), y se relaciona con sus hábitos terrestres, dejando claro entonces, que la morfología de *C. catalinensis* es la típica de una serpiente terrestre.

### **3.3.1. Dimorfismo sexual**

Aunque no se detectó diferencia significativa entre el tamaño de los machos y hembras mediante la prueba U de Mann-Whitney, el índice de Gibbons y Lovich (1990), que produce valores simétricos alrededor de cero, mostró que entre individuos adultos, los machos son ligeramente más grandes que las hembras (Dimorfismo Sexual en Tamaño [DST] = -0.02). Este resultado es consistente con lo reportado en otras 30 especies de vipéridos (21 de cascabel), en las que los machos fueron un poco más grandes que las hembras, con valores de DST desde -0.01 hasta -0.29 (Shine, 1994).

Las diferencia de tamaño entre machos y hembras se puede asociar a las diferentes ventajas reproductivas que el incremento en talla representa para cada sexo (Shine, 1994; Rivas y Burghardt, 2001). Shine (1994), observó que entre las serpientes que presentan lucha entre machos por el derecho a copular con una hembra, hay una selección por machos más grandes, puesto que tienen mayor posibilidad de ganar y reproducirse, y por ello,

alcanzan tallas similares o mayores a las de las hembras. Así pues, el DST observado en *C. catalinensis* es consistente con dicho comportamiento, puesto que todas las cascabeles presentan lucha ritual entre machos por el derecho a una hembra (Klauber, 1982).

### **3.4. Variación mensual en clases de edad y sexos**

Como ya se mencionó, la mayoría de los ejemplares capturados fueron individuos adultos y el incremento en el número de juveniles atrapados se debió al nacimiento de nuevos individuos. A pesar de que el esfuerzo de muestreo fue mayor sobre laderas que sobre arroyos, se observaron más serpientes sobre estos últimos. Esto se debió, en parte, a que la mayoría de los juveniles se encontraron en ese hábitat, por lo que es muy posible que allí nazcan y merodeen en busca de alimento durante las primeras etapas de su vida.

Es importante resaltar que tanto en mayo de 2003, como en abril de 2004 (inicio de su ciclo de actividad anual), se observaron pocos juveniles, lo cual indica que existe una alta tasa de mortalidad en el período comprendido entre su nacimiento (agosto-septiembre) y el final de su primera temporada invernal (marzo-abril del siguiente año). Esto se puede deber a que, en general, las serpientes juveniles son más susceptibles a las temperaturas bajas de invierno, a la depredación, así como corren mayor riesgo a morir de inanición, dada su inexperiencia para localizar y someter a sus presas (Klauber, 1982).

Por otra parte, en relación al sexo, se observó una gran variación en el número de machos, hembras e individuos de sexo indeterminado durante el estudio. Esta variación se podría deber, en parte, al efecto de la coloración de los individuos en su “detectabilidad”, puesto que los individuos del sexo observado en mayor cantidad en cada mes y por temporada, fueron en su mayoría oscuros.

Como ya se mencionó, el hecho que se hayan observado pocas hembras en julio y que en agosto aumentarán, incluso superando en número a los machos, puede indicar que éstas estaban grávidas durante la estación seca y que incrementaron su actividad en la temporada de lluvias después de dar a luz a sus crías. Este patrón es consistente con las observaciones de Klauber (1982), sin embargo, aún queda por determinar con mayor precisión si las cópulas se dan al principio o al final de su período de actividad.

Es importante mencionar que en dos ocasiones se observó un comportamiento de agregación entre individuos de ambos sexos. En la primera de ellas, durante el muestreo de agosto de 2002, se observaron tres individuos adultos (dos machos claros y una hembra oscura; LHC  $\bar{X} = 587$  mm) dentro de una zanja localizada debajo de un torote (*B. microphylla*); al visitar el sitio un día después para la toma de datos, se hallaron otras dos serpientes (hembras oscuras,  $\bar{X} = 598$  mm) en el mismo sitio. Dos años después (agosto de 2004), se localizó a otro grupo compuesto por siete serpientes adultas (cinco hembras oscuras y una clara, y un macho oscuro; LHC  $\bar{X} = 628$  mm), las cuales estaban enroscadas (excepto el macho) sobre los restos de un cardón muerto ubicado en un arroyo.

Dado que las serpientes son animales solitarios, la agregación de dos o más individuos solamente ocurre durante la hibernación, principalmente en serpientes de altas latitudes (Gibbons y Semslitch, 1987), o se asocia a un comportamiento reproductivo (Gillingham, 1993). Por otro lado, cuando se trata de varias hembras juntas (generalmente grávidas), se habla de un grupo de maternidad en el cual éstas se agregan en lugares específicos antes de dar a luz a sus crías (Gillingham, 1993).

No obstante que en los dos casos mencionados la mayoría de los individuos fueron hembras, solamente una de ellas se consideró grávida, por lo que resultaría aventurado asegurar que se trataba de grupos de maternidad. Por otro lado, dada la fecha de estos hallazgos (agosto), así como la latitud de la isla, evidentemente tampoco se trató de una agregación para hibernar. Por lo tanto, es posible que la agregación de varios individuos se haya debido a que fueron atraídos por una alta concentración de rastros químicos de presas potenciales en el sitio, tal como se ha observado con *B. insularis*, la cual se ha encontrado en grupos de cinco o más individuos (de cualquier sexo y estado reproductivo) alrededor de sitios frecuentemente utilizados por sus presas (Martins, comunicación personal).

#### **4. Dieta**

Se observó que los hábitos alimenticios de *C. catalinensis*, son los típicos de la mayoría de las serpientes de cascabel (Smyth, 1949; Savage, 1967; Klauber, 1982; Mushinsky, 1987; Timmerman, 1995; Rubio, 1998; Taylor, 2001; Clark, 2002; Holycross, *et al.*, 2002; Martins, *et al.*, 2002), puesto que su dieta se basó principalmente en mamíferos y en segundo lugar en reptiles.

La presa más frecuente correspondió al único mamífero terrestre de la isla, *Peromyscus slevini*, que se observó comúnmente durante los muestreos y que comprendió el 70.7% de los registros. Las lagartijas, por su parte, comprendieron el restante 29.3%, entre las que se encontraron tres de las seis especies de lacertilios de la Isla Santa Catalina (Murphy, 1983; Grismer, 1999, 2002), tales como *Sceloporus lineatulus*, reportada anteriormente por Grismer (2002); *Dipsosaurus catalinensis* y *Uta squamata*, de las cuales es el primer registro como presas de *C. catalinensis*. Aunque es posible que el resto de las lagartijas de la isla (*Sauromalus klauberi*, *Aspidocelis catalinensis* y *Phyllodactylus bugastrolepis*) no se hayan registrado debido al tamaño moderado de la muestra, también es probable que sean presas energéticamente poco favorables para esta serpiente (difíciles de encontrar, difíciles de atrapar o difíciles de ingerir), y que, por lo tanto, sean excluidas de su dieta (Arnold, 2001). Sin embargo, esto no puede ser confirmado hasta que se tengan más datos sobre la ecología alimenticia de esta especie.

A pesar de la alta incidencia del roedor *P. slevini* en la dieta de *C. catalinensis*, ésta es un depredador generalista, puesto que su alimentación no se basó por lo menos en un 75% de un mismo tipo de presa, como se ha observado en otros vipéridos que se consideran especialistas (Martins *et al.*, 2002). Sin embargo, dado que se observó que los individuos adultos se alimentaron casi exclusivamente de roedores (figs. 24 y 26), es evidente que la población de *C. catalinensis* depende de la conservación de las poblaciones de *P. slevini*.

Por otra parte, es importante destacar la ausencia de aves en los resultados, puesto que varios autores suponían que *C. catalinensis* se alimentaba principalmente de este tipo

de presa, e incluso, que su carencia de cascabel surgió como una modificación para optimizar su caza (Ottley y Murphy, 1983; Greene, 1997; Grismer, 2002). Durante el análisis de las muestras, se tuvo especial cuidado en la búsqueda de sus vestigios: aves enteras en contenidos estomacales, o plumas y picos en excretas, sin embargo, en ningún caso fueron hallados a pesar que se conservan bien en el tracto digestivo de las serpientes, al igual que el pelo, escamas y uñas de mamíferos y reptiles (Holycross *et al.*, 2002; Prival *et al.*, 2002; Wallace y Diller, 1990; Martins *et al.*, 2002), los cuales sí se observaron en las muestras (fig. 27).

Aunque no se descarta que algunas aves sean eventualmente ingeridas por *C. catalinensis*, tal como lo reportó Grismer (2002), y como ocurre con otros vipéridos (2% de la dieta en *Crotalus viridis oregonus* [Fitch y Twining, 1946]; 4.8% en *C. horridus* y 2% en *Agkistrodon contortrix* [Savage, 1967]; 8% en *C. atrox* [Beavers, 1976]; “de manera apreciable en las cascabeles que viven en áreas de anidación” [Klauber, 1982]; 4% en *C. viridis oregonus* [MaCartney, 1989]; “alternativamente” en *Vipera berus* [Forsman, 1993]; 7.2% en *C. horridus* [Clark, 2002]; 1.9% en *C. lepidus klauberi* [Holycross *et al.*, 2002]; menos del 10% en la mayoría de las especies del género *Bothrops* [Martins *et al.*, 2002]; 6.5% en *C. pricei* [Prival *et al.*, 2002]; 4% en *Bothrops neuwiedi pauloensis* [Valdujo *et al.*, 2002]; 0.7% en *C. viridis oregonus* [Wallace y Diller, 1990]), los resultados revelaron que no son su principal presa, y posiblemente las ingiere en períodos en que los roedores son menos abundantes.



#### 4.1. Dieta y pérdida del cascabel en *C. catalinensis*

Los resultados de esta investigación son contrarios a la creencia que la dieta de *C. catalinensis* se compone principalmente de aves, y que su carencia de cascabel se dio como una adaptación para cazarlas. Por lo tanto, se considera más factible la hipótesis que la pérdida del cascabel se derivó de la ausencia de depredadores naturales en la isla (Radcliffe y Maslin, 1975; Greene, 1997; Rubio, 1998).

Shine (1983) proporcionó evidencia de que los hábitos arborícolas en serpientes se asocian a una dieta compuesta principalmente de aves: encontró que las serpientes arborícolas se alimentan hasta en un 43% de aves, mientras que las terrestres lo hacen solamente hasta un 18%; por otra parte, observó que los mamíferos comprenden hasta el 52% de la dieta de las serpientes terrestres, mientras que únicamente el 26% de las arborícolas. A su vez, Lillywhite y Henderson (2001) mencionaron que entre las diversas modificaciones que las serpientes arborícolas exhiben para adaptarse a su medio, presentan cuerpos delgados y ligeros. De esta forma, tanto la dieta, como la corpulencia de *C. catalinensis*, son típicos de una serpiente terrestre.

Por otro lado, se sabe que las serpientes con hábitos arborícolas son comunes entre las familias Colubridae, Boidae y Viperidae (Lillywhite y Henderson, 2001). En esta última, existen únicamente dos especies cuya dieta se compone básicamente de aves: *Bothrops insularis*, habitante de la isla Queimada Grande en Brasil (Amaral, 1921), y *Gloydus shedaoensis*, de la Isla Shedao en China (Li, 1995). Aunque pertenecen a la

misma familia (Viperidae), y también son insulares, estas dos especies presentan varias características asociadas a su dieta especializada en aves que *C. catalinensis* no muestra.

En primer lugar, en las islas que éstas habitan no existen mamíferos terrestres (Amaral, 1921; Li, 1995), lo cual pudo haber sido un importante agente selectivo en la evolución de sus hábitos alimenticios (Martins *et al.*, 2002); en la Isla Santa Catalina, en cambio, habita el roedor *P. slevini* (Hall, 1981), el cual conforma el grueso de la dieta de *C. catalinensis*. Por otra parte, *B. insularis* y *G. shedaensis* presentan venenos muy tóxicos (Cogo, 1991; Li, 1995), lo cual se cree que ayuda a someter más rápidamente a sus escurridizas presas (Martins *et al.*, 2002); el veneno de *C. catalinensis*, en cambio, no presenta ninguna particularidad que lo haga diferente al de otras cascabeles (Glenn y Straight, 1985). Finalmente, estas especies presentan hábitos arborícolas, moviéndose sobre los arbustos, desde donde acechan y cazan a sus presas (Shine y Li-Xin, 2002a; Martins *et al.*, 2002); *C. catalinensis*, por el contrario, fue observada en baja proporción sobre la vegetación, y generalmente se encontró en postura de caza sobre el suelo.

En resumen, si la dieta de *C. catalinensis* efectivamente se basara en aves, tendría que exhibir, además de una posible pérdida del cascabel para cazarlas, otras adaptaciones como: cambios etológicos (incremento mayor al observado en sus hábitos arborícolas), fisiológicos (incremento en la toxicidad de su veneno), y morfológicos (menor corpulencia), que le permitieran enfrentarse a un tipo de presa más difícil de manipular que los mamíferos (Hayes, 1992), tal como se lo han manifestado de forma paralela, y en diferentes partes del mundo, los dos únicos vipéridos especialistas en aves.

## 4.2. Cambios ontogénicos en dieta

Greene (1997) y Martins *et al.* (2002), consideran que los cambios ontogénicos en la dieta representan un carácter plesiomórfico (característica primitiva) de la familia Viperidae, en que los individuos pequeños se alimentan de presas pequeñas, que generalmente son ectotermos, y los más grandes se alimentan de presas grandes, que por lo regular son endotermos.

Dado que se observó una tendencia de los individuos de menor tamaño a alimentarse de lagartijas y los más grandes de ratones, mediante un análisis estadístico se demostró que *C. catalinensis* también presenta cambios ontogénicos en su dieta, puesto que se observó una diferencia significativa en el tamaño de las serpientes que se alimentaron de lagartijas y las que lo hicieron de ratones. Y de la misma forma, se observaron diferencias en la frecuencia de lagartijas y ratones en la dieta de juveniles y adultos, al igual que ocurre con otros vipéridos (Mushinsky, 1987; Holycross, *et al.*, 2002b; Valdujo *et al.*, 2002; Martins *et al.*, 2002).

## 4.3. Períodos de forrajeo

La proporción de serpientes con contenido estomacal (7.4%), resultó baja en comparación con lo observado en otros trabajos con vipéridos (63.2% en *C. horridus horridus* [Smyth, 1949]; 44% en *C. horridus* y 69% en *Agkistrodon contortrix* [Savage, 1967]; desde 15% en *Crotalus viridis*, hasta 100% en *Agkistrodon piscivorus* [Shine, 1986]; 16.1% en *C. horridus* [Clark, 2002]; desde 15% hasta 29% en varias especies de *Bothrops*

[Martins *et al.*, 2002]; 36% en *C. pricei* [Prival *et al.*, 2002]; 35% en *Bothrops neuwiedi pauloensis* [Valdujo *et al.*, 2002]). Esto se pudo deber a: 1) el comportamiento sendentario de las serpientes recién alimentadas, 2) la rápida digestión de las presas ingeridas, o 3) la baja frecuencia de alimentación debido a la poca actividad (Shine, 1986). Asimismo, se pudo deber a que la técnica de regurgitación forzada presenta un sesgo hacia presas grandes, de tal forma que se pudieron pasar por alto varios individuos recién alimentados con presas más pequeñas.

De esta forma, el resultado del incremento en el forrajeo de *C. catalinensis* durante la temporada seca, está sujeto a dudas. Además, dado que en otra isla cercana (Isla Coronados), se observó que los roedores del género *Peromyscus*, y las lagartijas de los géneros *Dipsosaurus*, *Sauromalus*, *Sceloporus* y *Uta*, fueron más abundantes durante la estación de lluvias de verano (Rodríguez-Moreno, 2001; Venegas-Barrera, 2003), es posible que esto también suceda en la Isla Santa Catalina. Así pues, es posible que el incremento en la actividad de *C. catalinensis* durante la temporada de lluvias esté relacionado con un aumento en la caza de sus presas.

#### **4.4. Comparación de la dieta entre grupos**

La dieta entre sexos y coloraciones no difirió a diferencia como se ha observado en algunos otros vipéridos (Reinert y Zappalorti, 1988; Shine, *et al.*, 1998). Las diferencias en dieta entre sexos, generalmente están asociadas a un dimorfismo sexual en tamaño (DST) (Shine, 2001), sobretodo, respecto al tamaño de la cabeza (Camilleri y Shine, 1990); de esta

forma, la ausencia de un marcado DST en esta especie, resulta consistente con la equivalencia en la dieta entre sexos. Sin embargo, no se examinó si existe dimorfismo sexual respecto al tamaño de la cabeza.

Por otra parte, Reinert (1984b) mencionó que las diferencias en la dieta entre los subgrupos de una población pueden estar asociadas a diferencias en el uso del hábitat; en este sentido, los resultados también son consistentes dado que tampoco se observaron diferencias en el uso del hábitat entre coloraciones ni sexos.

Puesto que tampoco se observaron diferencias en la dieta entre los individuos capturados en diferentes temporadas, es posible que las presas de *C. catalinensis* estén disponibles durante todo su período de actividad, de tal forma que las explota en la misma proporción durante las dos estaciones. Sin embargo, sólo mediante un análisis más detallado se podría confirmar esta hipótesis.

Finalmente, al comparar la dieta entre clases de edad y hábitats, sí se observaron diferencias en la proporción de mamíferos y reptiles consumidos. En cuanto a las clases de edad, esta diferencia se debe, como ya se mencionó, a que *C. catalinensis* presenta cambios ontogénicos en su dieta. Respecto a los hábitats, es posible que la diferencia se deba a la inequidad en el esfuerzo de muestreo entre arroyos y laderas, y por ende, en el número de muestras en cada uno de ellos. Además, también se pudo deber a que existió una relación causal entre el hábitat y el tipo de presa, dado que la mayoría de los juveniles, que se alimentan casi exclusivamente de reptiles, fueron capturados principalmente sobre arroyos.

## 5. Uso del Hábitat

Al comparar el uso del hábitat entre sexos no se encontraron diferencias, o dicho de otra forma, se determinó que tanto los machos como las hembras utilizan el mismo hábitat durante su período de actividad. Esto es consistente con los resultados de Reinert y Zappalorti (1988), quienes encontraron hasta un 85% de solapamiento de hábitat entre machos y hembras de la cascabel *C. horridus*; estos autores, al igual que Reinert (1988b), encontraron que sólo en estado de gravidez las hembras presentan una marcada diferencia en el uso del hábitat con respecto a los machos y a las hembras no grávidas, dado que seleccionan sitios específicos que les permiten mantener una temperatura óptima para el desarrollo de sus embriones. De esta forma, dado que ninguna de las hembras incluidas en el análisis estaba preñada, los resultados observados eran de esperarse.

Los sitios donde se caracterizó el hábitat de las serpientes encontradas tanto en arroyos como en laderas, sirvieron como puntos de muestreo para la descripción de cada uno de estos hábitats; de esta forma, se determinó que éstos difieren en su rocosidad y densidad vegetal.

Dado que los arroyos presentan menor rocosidad, tienen amplios manchones de asociaciones vegetales y tienen pendientes más suaves que las laderas, es probable que presenten menos variaciones de temperatura, y por lo tanto, sean preferidos por las hembras grávidas durante la gestación, pues dicha estabilidad térmica es el principal factor en la selección del hábitat por parte de éstas (Reinert y Zappalorti, 1988; Reinert, 1988b; Millar y Mushinsky, 1990). La anterior suposición se ve respaldada por el hecho que se observó a

las crías en mayor proporción sobre los arroyos que en las laderas, por lo que es muy probable que allí nazcan.

A su vez, esta selectividad de las crías por los arroyos durante las primeras etapas de su vida, y posterior dispersión hacia las laderas conforme crecen, se puede interpretar como un cambio ontogénico en el uso del hábitat; éste se puede deber, además de las ventajas térmicas, a diferencias en la presión por depredadores, así como a las diferencias en la disponibilidad de presas potenciales entre arroyos y laderas. Sin embargo, esto sólo podrá ser comprobado mediante un estudio a mayor detalle.

Por otra parte, se observó que existieron diferencias al comparar el uso del hábitat entre coloraciones. Sin embargo, se determinó que dichas diferencias se debieron al efecto del sitio de captura de los individuos de cada color, puesto que se realizó la caracterización del hábitat de los individuos de un color en mayor proporción sobre un tipo de hábitat que en otro, provocando una asociación entre lugar de captura y coloración de la serpiente. De esta forma, al agrupar los datos por coloraciones, en el AFD se reflejaron las diferencias entre arroyos y laderas, tales como la rocosidad y densidad de la vegetación. Asimismo, esto sucedió al realizar el AFD con ocho grupos (tabla XXVIII), puesto que las variables que en mayor grado contribuyeron a la separación entre éstos, fueron las mismas que lo hicieron para separar a los arroyos de las laderas.

Existen diversas razones por las que los resultados del análisis del hábitat pudieron variar. Una de ellas fueron las dificultades que se tuvieron al realizar la caracterización de los sitios, pues en muchas ocasiones algunas variables (p. e. “distancia a cardón muerto”),

no eran fácilmente visibles y se tenían que calcular las distancias a las estructuras. Sin embargo, a pesar de la inexactitud que se pudo tener en varias de las mediciones estimadas, se considera que se mantuvo la proporción de la distancia de las estructuras al vértice de los cuadrantes, lo cual se manifestó en las variables que mayor relevancia tuvieron para la separación entre arroyos y laderas.

Por otro lado, dado que el estudio se llevó a cabo durante temporadas y años diferentes, es posible que la variación estacional e interanual en las condiciones climáticas haya influido en los resultados del uso del hábitat. Por ejemplo, la temporada seca y la de lluvias de verano, como su nombre lo indica, presentan regímenes pluviométricos muy contrastantes, siendo muy bajos en la primera y muy altos en la última (Salinas-Zavala, *et al.*, 1990).

Además, entre el 2003 y el 2004 se observó una gran diferencia en los niveles de lluvia, siendo el primero el de mayor acumulación, puesto que en ese año se presentaron dos huracanes durante dos meses consecutivos. Salinas-Zavala (2003), encontró que la vegetación de la Península de Baja California responde notoriamente ante las lluvias al incrementar su vigor; este fenómeno pudo ser advertido durante el estudio puesto que se observó un notable incremento en la coloración verde de la vegetación, en la densidad de herbáceas y en la humedad del suelo posterior al paso de los huracanes en 2003.



Así pues, se considera que para tener un entendimiento más claro sobre el uso del hábitat de la serpiente *C. catalinensis*, se debe utilizar un método como la radio-telemetría, el cual permite localizar a varios individuos (de diferente sexo, coloración y hasta condición reproductiva) en un plazo corto, y permite tener un número suficientemente alto de muestras, mediante las que se represente su hábitat medio.

Otra razón por la que se recomienda utilizar la radio-telemetría es que ésta técnica permite ubicar a los individuos en cualquier momento, de tal forma que se describe el uso del hábitat en general, y no únicamente durante ciertas actividades realizadas a determinada hora del día. Por ejemplo, los resultados de esta investigación representan la descripción del hábitat de *C. catalinensis* durante sus actividades nocturnas (p. e. forrajeo), puesto que únicamente se describieron los sitios en que las serpientes fueron encontradas durante el muestreo nocturno. De esta forma, no se consideró el hábitat utilizado como refugio, descanso u otras actividades que esta serpiente realice durante las horas del día.

Finalmente, se considera que la descripción del microhábitat de *C. catalinensis* basándose únicamente en la vegetación circundante (variables estructurales), resultó incompleta puesto que no se incluyeron variables climáticas como la temperatura y humedad de los sitios. Reagan (1974), concluyó que la humedad y temperatura fueron factores determinantes en la selección del hábitat de la tortuga *Terrapene carolina triunguis*, y mencionó que la disponibilidad de presas también podría influir. A su vez, Jorgensen y Demarais (1998) mencionaron que los trabajos de uso del hábitat en anfibios y reptiles siempre se han efectuado desde una perspectiva humana y no como éstos lo

experimentan; recomendaron, entonces, evaluar los hábitats con base a otras variables diferentes a la vegetación, como lo son las características del suelo.

El presente trabajo representa el primer estudio sistemático que se ha efectuado sobre la serpiente de cascabel de la Isla Santa Catalina, *C. catalinensis*, pues aunque diversos autores han recopilado información sobre su historia natural (Cliff, 1954; Radcliffe y Maslin, 1975; Glenn y Straight, 1985; Murphy y Crabtree, 1985; Campbell y Lamar, 1989; Beaman y Wong, 2001; Grismer, 1999, 2002; Goldberg y Beaman, 2003; Avila-Villegas *et al.*, 2004, Avila-Villegas *et al.*, en prensa), la mayoría de sus reportes se basan en observaciones obtenidas de muestreos esporádicos.

La información mostrada en esta tesis representa un gran avance en el conocimiento sobre la biología y ecología de esta especie amenazada, la cual puede ser utilizada para la toma de decisiones que permitan su conservación. Por otra parte, este trabajo plantea una serie de interrogantes que pueden ser abordadas en futuras investigaciones, y tener así un mejor entendimiento de su función y relación con su ecosistema.

## CONCLUSIONES

- 1) *C. catalinensis* presenta todas las características de los ancestros de los vipéridos: hábitos terrestres, dieta generalista, cambios ontogénicos en dieta y cuerpo robusto, por lo que, a excepción de la pérdida del cascabel, no muestra caracteres derivados de su aislamiento geográfico.
  
- 2) Esta especie presenta un patrón de actividad unimodal con un pico durante la estación de lluvias de verano (julio-octubre), que se puede atribuir al efecto combinado de: 1) incremento en el forrajeo, 2) actividad reproductiva, 3) incorporación de nuevos individuos a la población (nacimiento de crías), y 4) reactivación de las actividades post-parto de las hembras grávidas del año.
  
- 3) Dado su aislamiento geográfico, su distribución tan restringida, su hábitat limitante, su vulnerabilidad biológica intrínseca y el impacto de las actividades humanas sobre su población, *C. catalinensis* debe mantenerse dentro de la categoría de amenazada en la NOM-059-SEMARNAT 2001.
  
- 4) Se observó que *C. catalinensis* muestra preferencias por determinados elementos de su espectro ecológico en diferentes etapas de su vida, puesto que presentó cambios ontogénicos en su dieta y uso del hábitat.

## RECOMENDACIONES

- 1) Para futuras investigaciones sobre el uso del hábitat de *C. catalinensis*, se recomienda incluir además de las variables estructurales, otras como la temperatura y humedad ambiental, temperatura y humedad del suelo, disponibilidad de presas, cobertura vegetal y pendiente del sitio.
- 2) Para robustecer los resultados respecto al patrón de abundancia de *C. catalinensis*, se recomienda realizar otro censo dentro de su período de actividad utilizando un método de muestreo insensible a la influencia de la coloración de los individuos o las características del hábitat, como es la captura mediante trampas de embudo con vallas.
- 3) Para determinar con mayor precisión el patrón de movimientos, uso del hábitat, períodos reproductivos, hábitos arborícolas y comportamiento de agregación, se recomienda efectuar un estudio de radio-telemetría de *C. catalinensis*, en el que se incluyan individuos de ambas coloraciones y sexos.
- 4) Dado que la existencia de *C. catalinensis* depende de la conservación del ratón *Peromyscus slevini*, se recomienda establecer un programa de monitoreo de las poblaciones de este roedor con el fin de determinar las variaciones en su abundancia. Esta información resulta importante especialmente ahora que se ha concluido el programa de erradicación de gato feral en la Isla Santa Catalina, ya que en la Isla Coronados (PNBL) se observó que la

población de roedores disminuyó drásticamente después de la erradicación del gato feral (Rodríguez-Moreno, 2001).

5) Para disminuir el impacto de la presencia de personas en la Isla Santa Catalina, como la destrucción del hábitat y contaminación por basura, así como para evitar el contacto de éstas con las serpientes de cascabel, se recomienda la instalación de letrinas en las principales playas donde se establecen los campamentos pesqueros.

6) Se sugiere restringir el acceso al interior de las cañadas (< 50 m hacia el interior de la isla) a personal ajeno al PNBL o investigadores aprobados por el mismo, e incrementar la vigilancia durante el período agosto-octubre, para evitar la colecta y/o muerte de hembras grávidas e individuos recién nacidos de *C. catalinensis*.

7) Se recomienda implementar un programa de educación ambiental para los usuarios de las Islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, mediante el que se dé a conocer la importancia de su flora y fauna locales, se desmitifiquen las creencias sobre los reptiles, particularmente sobre las serpientes venenosas y no venenosas, así como se prevenga la reintroducción de especies exóticas a las islas.

8) Finalmente, se recomienda llevar a cabo una campaña de limpieza de las playas y arroyos donde se establecen los campamentos pesqueros en la Isla Santa Catalina.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado-Díaz y J. A. Campbell, 2004. A new montane rattlesnake (Viperidae) from Michoacán, México. *Herpetologica*. 60(2): 281–286.
- Amaral, A. 1921. Contribuição ao conhecimento dos ophidios do Brasil. A. Parte II. Biologia da nova espécie, *Lachesis insularis*. Anex. Mem. Inst. Butantan. 1:39-44.
- Andrén, C. y G. Nilson. 1981. Reproductive success and risk of predation in normal and melanistic colour morphs of the adder, *Vipera berus*. *Biol. J. Linn. Soc.* 15: 235-245.
- Armstrong, B. L. y J. B. Murphy. 1979. The natural history of mexican rattlesnakes. Univ. Kansas. Mus.Nat. Hist. Spec. Publ. (5): 1-88.
- Arnold, S. J. 2001. Foraging theory and prey-size-predator-size relations in Snakes. *En: Seigel and Collins (eds). Snakes: ecology and behavior. The Blackburn Press. Caldwell, New Jersey. 414 pp.*
- Ashton, K. G. 2000. Notes on the island populations of the western rattlesnake, *Crotalus viridis*. *Herpetological Review*. 31(4): 214-217.
- Ashton, K. G. 2001. Body size variation among mainland populations of the Western Rattlesnake (*Crotalus viridis*). *Evolution*. 55(12):2523-2533.
- Avila-Villegas, H., C. S. Venegas-Barrera, y G. Arnaud. 2004. *Crotalus catalinensis* (Santa Catalina Island Rattleless Rattlesnake). Diet. *Herpetological Review*. 35(1): 60.
- Avila-Villegas, H., A. Tejas, F. Torres, y G. Arnaud. En prensa. *Crotalus catalinensis* (Santa Catalina Island Rattlesnake). Diet and mortality. *Herpetological Review*.

- Beaman, K. R. y N. Wong. 2001. *Crotalus catalinensis*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles. Pp. 733.1- 733.4
- Beavers, R. A. 1976. Food habits of the western diamondback rattlesnake, *Crotalus atrox*, in Texas (Viperidae). Southwestern Naturalist. 20: 503-515.
- Beck, D. D. 1995. Ecology and energetics of three sympatric rattlesnake species in the Sonoran Desert. Journal of Herpetology. 29(2): 211-223.
- Camilleri, C., y R. Shine. 1990. Sexual dimorphism and dietary divergence : differences in trophic morphology between male and female snakes. Copeia. 3: 649-658.
- Campbell, H. W. y S. P. Christman. 1982. Field techniques for herpetofaunal community analysis. En: N.J. Scott. Jr. (ed.). Herpetological communities: a symposium of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles and the Herpetologist's League. U.S. Fish Wild. Serv. Wildl. Res. Rep. 13. 193-200.
- Campbell, J. A., y W. W. Lamar. 1989. The venomous reptiles of Latin America. Comstock Publ. Co., Ithaca, New York. 425 pp.
- Campbell, J. A., y W. W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere, 2 vols. Cornell University Press, Ithaca, New York. xvii pp. + 870 pp. + 56 pp.
- Carreño, A. L. y J. Helenes. 2002. Geology and ages of the islands. En: T. J. Case y M. L. Cody (eds). Island biogeography of the Sea of Cortéz. University of California Press, Berkeley California. pp. 14-40.
- Case, T. J., M. L. Cody, y E. Ezcurra. 2002. Island biogeography in the Sea of Cortez. Oxford University Press, New York. 669 pp.

- Caughley, G. y A. Gunn. 1996. Conservation biology in theory and practice. Blackwell Science. U.S.A. 459 pp.
- Chandler, C. R., y P. J. Tolson. 1990. Habitat use by a boid snake, *Epicrates monensis*, and its anoline prey, *Anolis cristatellus*. *Journal of Herpetology*. 24(2): 151-157.
- Clark, R. W. 2002. Diet of the Timber Rattlesnake *Crotalus horridus*. *Journal of Herpetology*. 36(3): 494-499.
- Cliff, F. S. 1954. Snakes on the islands in the Gulf of California, México. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.* 9: 67- 98.
- Coborn, J. 1994. Guía completa de los reptiles. Editorial Hispano Europea, S.A. 256 pp.
- Comisión Nacional del Agua, 2004. Gerencia en Baja California Sur. Residencia Técnica. Oficio No. BOO.00E02.05- Referencia No. 041013OF-199
- CONABIO, 2004. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sitio en internet. <http://www.conabio.gob.mx/>
- CONANP. 2000a. Programa de manejo Área de protección de flora y fauna Islas del Golfo de California. México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 262 pp.
- CONANP. 2000b. Plan de manejo Parque Nacional Bahía de Loreto. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 185 pp.
- Cody, L. M. y E. Velarde. 2002. Land birds. *En*: T. J. Case, M. L. Cody, y E. Ezcurra. (eds.). *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. Oxford University Press, New York. Pp. 271-312.



- Cogo, J. C. 1991. Estudo dos efeitos da peçonha de *Bothrops insularis* (jararaca ilhã) sobre o músculo de camindongo e pintainho. Tesis de maestría. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.
- Coupe, B. 2001. Arboreal behavior in Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*). Herpetological Review. 32(2): 83-85.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. 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, 6 de marzo de 2002.
- Dodd, C. K. Jr. 1984. Status, conservation and management. *En*: R. A. Seigel, J. T. Collins y S. S. Novak (eds). Snakes: ecology and evolutionary biology. McGraw Hill. New York. Pp. 478-513.
- Duvall, D., S. J. Arnold, y G. W. Schuett. 1992. Pitviper mating systems: ecological potential, sexual selection, and microevolution. *En*: J. A. Campbell y E. D. Brodie, Jr. (eds.). Biology of the Pitvipers. Selva, Tyler. Texas. 466 pp.
- Fitch, H. S. 1993. Collecting and life-history techniques. *En*: R. A. Seigel and J. T. Collings (eds.). Snakes: ecology and behavior. McGraw Hill, New York. Pp. 143-164.
- Fitch, H. S., y H. Twining. 1946. Feeding habits of the Pacific Rattlesnake. Copeia. 2: 64-71.
- Forsman, A. y Ås, S. 1987. Maintenance of colour polymorphism in adder, *Vipera berus*, populations: a test of a popular hypothesis. Oikos. 50: 13-16.

- Forsman, A. 1993. Growth rate in different colour morphs of the adder, *Vipera berus*, in relation to yearly weather variation. *Oikos*. 66: 279-285.
- Frankham, R. 1996. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. *Conservation Biology*. 10(6): 1500-1508.
- García, E. 1986. Apuntes de climatología. Ed. Offset Larios. México.
- Gibbons, J. W. y R. D. Semlitsch. 1987. Activity patterns. *En*: R. A. Seigel, J. T. Collins, y S. S. Novak (eds.). *Snakes: ecology and evolutionary biology*. McGraw Hill, New York. Pp. 396-421.
- Gibbons, J. W. y J. E. Lovich. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the Slider turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetol. Monogr.* 4: 1-29.
- Gillingham, J. C. 1993. Social behavior. *En*: R. A. Seigel and J. T. Collings (eds.). *Snakes: ecology and behavior*. McGraw Hill, New York. Pp. 185-209.
- Glenn, J. L. y R. C. Straight. 1985. Venom properties of the rattlesnakes (*Crotalus*) inhabiting the Baja California region of Mexico. *Toxicon*. 23(5): 769-775.
- 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.
- Greene, H. W. 1997. *Snakes: The evolution of mystery in nature*. Univ. California Press, Berkeley, California. 351 pp.
- Grismer, L. 1999. Checklist of amphibians and reptiles on islands in the Gulf of California, México. *Bull. Southern California Acad. Sci.* 98(2):45-56.

- Grismer, 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.
- Goldberg, S. R. y K. R. Beaman. 2003. *Crotalus catalinensis* (Santa Catalina Rattleless Rattlesnake). Reproduction. Herpetological Review. 34(3): 249-250.
- Goldberg, S. R. 2000a. Reproduction in the Rock Rattlesnake, *Crotalus lepidus* (Serpentes: Viperidae). Herpetological Natural History. 7(1): 83-86.
- Goldberg, S. R. 2000b. Reproduction in the Tiger Rattlesnake, *Crotalus tigris* (serpentes: Viperidae). Texas J. Sci. 51(1): 31-36.
- Goldberg, S. R. 2000c. Reproduction in the Twin Spotted Rattlesnake, *Crotalus pricei* (Serpentes: Viperidae). Western North American Naturalist. 60(1):98-100.
- Goldberg, S. R. y P. C. Rosen. 2000. Reproduction in the Mojave Rattlesnake, *Crotalus scutulatus* (Serpentes:Viperidae). Texas J. Sci. 52(2): 101-109.
- Hall, R. 1981. The mammals of North America. John Wiley and Sons. New York. Vol II. 1181 pp.
- Hayes, W. K. 1992. Prey-handling and envenomation strategies of Prairie Rattlesnakes (*Crotalus v. viridis*) feeding on mice and sparrows. Journal of Herpetology. 26(4): 496-499.
- 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.

- Holycross, A. T. y S. P. Mackessy. 2002. Variation in the diet of *Sistrurus catenatus* (Massasauga), with emphasis on *Sistrurus catenatus edwardsii* (Desert Massasauga). *Journal of Herpetology*. 36(3): 454-464.
- ICEG, 2004. Island Conservation and Ecology Group. Base de datos de las Islas del Golfo de California. Sitio en internet. <http://www.islandconservation.org/>
- Jorgensen, E. E. y S. Demarais. 1998. Herpetofauna associated with arroyos and uplands in foothills of the Chihuahuan Desert. *The Southwestern Naturalist*, 43(4): 441-448.
- King, R. 1993. Color-pattern variation in Lake Erie water snakes: prediction and measurement of natural selection. *Evolution*. 47(6): 1819-1833.
- Klauber, L. M. 1982. Rattlesnakes: Their habits, life histories and influence on mankind. University of California Press. Berkeley. 350 pp.
- Li, J-L. 1995. China snake island. Dalian, China: Liaoning Science and Technology Press.
- Lillywhite, H. B. 1993. Orthostatic intolerance of viperid snakes. *Physiological zoology*. 66(6): 1000-1014.
- Lillywhite, H. B. y R. W. Henderson. 2001. Behavioral and functional ecology of arboreal snakes. *En*: R. A. Seigel y J. T. Collings (eds.). *Snakes: ecology and behavior*. McGraw Hill. New York. pp. 1-48.
- MaCartney, J. M. 1989. Diet of the northern Pacific rattlesnake, *Crotalus viridis oregonus*, in British Columbia. *Herpetologica*. 45: 299-304.
- Madsen, T. y B. Stille. 1988. The effect of size dependent mortality on colour morphs in male adders, *Vipera berus*. *Oikos*. 52: 73-78.

- Martins, M., O. A. V. Marques e I. Sazima. 2002. Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers (Genus *Bothrops*). *En: G. W. Schuett, M. Höggren, M. E. Douglas & H. W. Greene (eds.). Biology of the vipers. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain. Pp. 307-328.*
- Mattison, C. 1996. Rattler! A Natural History of Rattlesnakes. Blanford, London. 144 pp.
- May, P. G., T. M. Farrel, S. T. Heulett, M. A. Pilgrim, L. A. Bishop, D. J. Spence, A. M. Rabatsky, M. G. Campbell, A. D. Aycrigg y W. E. Richardson II. 1996. Seasonal abundance and activity of a rattlesnake (*Sistrurus miliarius barbouri*) in central Florida. *Copeia*. (2): 389-401.
- McDiarmid, R. W., J. A. Campbell, y T. Touré. 1999. Snake species of the word: a taxonomic and geographic reference. Vol.1. Herpetologist's League, Washington, DC.
- McNab, B. K. 2002. Minimizing energy expenditure facilitates vertebrate persistence on oceanic islands. *Ecology Letters*. 5: 693-704.
- Mellink, E. 1995. The potential effect of comercialization of reptiles from Mexico's Baja California Peninsula and its associated islands. *Herpetological Natural History*. 3(1): 95-99.
- Meyer, A. y R. Zardoya. 2003. Recent advances in the (molecular) phylogeny of vertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 311-338.
- Moore, R. G. 1987. Seasonal and daily activity patterns and thermoregulation in the Southwestern Speckled Rattlesnake (*Crotalus mitchelli pyrrhus*) and the Colorado Desert Sidewinder (*Crotalus cerastes laterorepens*). *Copeia*. 3: 439-442.

- Murphy, R. 1983. The reptiles: origins and evolution. *En*: T. J. Case y M. L. Cody (eds.). Island Biogeography of the Sea of Cortéz. University of California Press. Berkeley California. 669 pp.
- Murphy, R. W. y B. Crabtree. 1985. Genetic relationships of the Santa Catalina Island Rattleless Rattlesnake, *Crotalus catalinensis* (Serpentes: Viperidae). *Acta Zoológica Mexicana*. 9: 1-16.
- Murphy, R. W., F. Sanches-Piñero, G. A. Polis y R. L. Aalbu. 2002. New measurements of area and distance for islands in the Sea of Cortés. *En*: T. J. Case, M. L. Cody, y E. Ezcurra (eds.). Island Biogeography in the Sea of Cortez. Oxford University Press, New York. 669 pp.
- Mushinsky, H. R. 1987. Foraging ecology. *En*: R. A. Seigel y J. T. Collins (eds.). Snakes: ecology and behavior. McGraw Hill, New York. pp. 302-334.
- Odum, E. P. 1993. Ecology: a bridge between science and society. Sinauer. U. S. A.
- Oliveira, M. E. y M. Martins. 2001. When and where to find a pitviper: activity patterns and habitat use of the Lancehead, *Bothrops atrox*, in central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History*. 8(2): 101-110.
- 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.
- Ottley, J. R. y R. W. Murphy. 1983. Rattle-loss in insular rattlesnakes: a question of natural selection or chance? SSAR 26th Annual Meeting Univ. Utah. Salt Lake City.

- Place, A. J. y C. I. Abramson. 2004. A quantitative análisis of the ancestral area of rattlesnakes. *Journal of Herpetology*. 38(1):151-156.
- Potvin, C. y D. A. Roff. 1993. Distribution-free and robust statistical methods: viable alternatives to parametric statistics? *Ecology*. 74 (6): 1617-1628.
- Prival, D. V., Goode, M. J., Swann, D. E., Schwalbe, C. R., y M. J. Schroff. 2002. Natural history of a northern population of Twin-Spoted Rattlesnakes, *Crotalus pricei*. *Journal of Herpetology*. 36(4): 598-607.
- Radcliffe, C. W., y T. P. Maslin. 1975. A New subspecies of the Red Rattlesnake, *Crotalus ruber*, from San Lorenzo Island, Baja California Norte, México. *Copeia*. (3): 490-493.
- Reagan, D. P. 1974. Habitat selection in the Three-Toed Box Turtle, *Terrapene carolina triunguis*. *Copeia*. 512-527.
- Reinert, H. K. 1984a. Habitat separation between sympatric snake populations. *Ecology*. 65(2): 478-486.
- Reinert, H. K. 1984b. Habitat variation within sympatric snake populations. *Ecology*. 65(5): 1673-1682.
- Reinert, H. K. 2001. Habitat selection in snakes. *En*: R. A. Seigel y J. T. Collins (eds.). *Snakes: ecology and behavior*. McGraw Hill. New York. pp. 201-240.
- Reinert, H. K., D. Cundall, y L. M. Bushar. 1984. Foraging behavior of the Timber Rattlesnake, *Crotalus horridus*. *Copeia*. (4): 976-981.

- Reinert, H. K., y R. T. Zappalorti. 1988. Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the Pine Barrens: their movement patterns and habitat preference. *Copeia*. 964-978.
- Rivas, J. A. y G. M. Burghardt. 2001. Understanding sexual dimorphism in snakes: wearing the snake's shoes. *Animal Behaviour*. 62: F1-F6.
- Rodda, G. 1993. Where's Waldo (and the snakes)? *Herpetological Review*. 24(2): 44-45.
- Rodríguez-Moreno, A. 2001. Dinámica de las poblaciones de roedores endémicos de Isla Coronados (*Peromyscus pseudocrinitus* y *Chaetodipus spinatus pullus*) en relación con la erradicación del gato doméstico (*Felis catus*) introducido. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Rubio, M. 1998. Rattlesnake: Portrait of a predator. Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C. 240 pp.
- Salinas-Zavala, C. A., A. Leyva-Contreras, D. Lluch Belda, y E. Díaz-Rivera. 1990. Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California Sur, México. *Atmósfera*. 3: 217-237.
- Salinas-Zavala, C. A. 2003. Respuesta biótica terrestre a la variabilidad climática en el noroeste de México. Tesis de doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Savage, T. 1967. The diet of rattlesnakes and copperheads in the Great Smoky Mountains National Park. *Copeia*. 226-227.
- Schaefer, W. H. 1934. Diagnosis of sex in snakes. *Copeia*. p. 181.



- Seigel, R. A. 1992. Ecology of a specialized predator: *Regina grahami* in Missouri. *Journal of Herpetology*. 26(1): 32-37.
- Sexton, O. J., P. Jacobson, y E. Bramble. 1992. Geographic variation in some activities associated with hibernation in nearctic pitvipers. *En: J. A. Campbell y E. D. Brodie, Jr. (eds.). Biology of the Pitvipers. Selva Tyler. Texas. pp. 337-345.*
- Shine, R. 1983. Arboreality in snakes: ecology of the australian elapid genus *Hoplocephalus*. *Copeia*. 1: 198-205.
- Shine, R. 1986. Ecology of a low-energy specialist: food habits and reproductive biology of the Arafura Filesnake (Acrochordidae). *Copeia*. 2: 424-437.
- Shine, R. 1994. Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia*. 2:326-346.
- Shine, R. 2001. Sexual dimorphism in snakes. *En: Seigel and Collins (eds). Snakes: ecology and behavior. The Blackburn Press. New Jersey. pp. 49-86.*
- Shine, R., W. R. Branch, P. S. Harlow, y J. K. Webb. 1998. Reproductive biology and food habits of Horned Adders, *Bitis caudalis* (Viperidae), from southern Africa. *Copeia*. 2: 391-401.
- Shine, R., y S. Li-Xin. 2002. Arboreal ambush site selection by pit-vipers *Gloydius shedaoensis*. *Animal Behavior*. 63: 565-576.
- Shine, R., T. Shine, y B. Shine. 2003. Intraspecific habitat partitioning by the sea snake *Emydocephalus annulatus* (Serpentes, Hydrophiidae): the effects of sex, body size, and colour pattern. *Biological Journal of the Linnean Society*. 80:1-10.


- Smyth, T. 1949. Notes on the Timber Rattlesnake at Mountain Lake, Virginia. *Copeia*. 1: 78.
- Tabachnick, B. G. y L. S. Fidell. 2001. Using multivariate statistics. Allyn and Bacon. Fourth edition. Boston. 966 pp.
- Taylor, E. 2001. Diet of the Baja California Rattlesnake, *Crotalus enyo* (Viperidae). *Copeia*, 2:553-555.
- Timmerman, W. W. 1995. Home range, habitat use, and behavior of the eastern diamondback rattlesnake (*Crotalus adamanteus*) on Ordway Preserve. *Bull. Florida Mus. Nat. Hist.* 38(5): 127-158.
- Valdujo, P. H., C. Nogueira, y M. Martins. 2002. Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*. 36(2): 169-176.
- Venegas-Barrera, C. S. 2003. Abundancia, distribución y nicho espacial de las lagartijas diurnas de Isla Coronados, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Wallace, R. L. y L. V. Diller. 1990. Feeding ecology of the rattlesnake, *Crotalus viridis oregonus*, in Northern Idaho. *Journal of Herpetology*. 24(3): 246-253.
- Webb, J. K., y R. Shine. 1997. Out on a limb: conservation implications of tree-hollow use by threatened snakes species (*Hoplocephalus bungaroides*: Serpentes, Elapidae). *Biological Conservation*. 81: 21-33.
- Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, Cal. 1025 pp.

Whittaker, R. H., S. A. Levin, y R. B. Root. 1973. Niche, habitat, and ecotope. *American Naturalist*. 107: 321-338.

Wood, B. B. R. Tershey, M. A. Hermosillo, C. J. Donlan, J. A. Sanchez, 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, UK. pp. 374-380.

## APÉNDICES

**Apéndice I.** Formato de campo para la toma de datos biológicos de la serpiente de cascabel *C. catalinensis*.



Conservación de las Islas del Parque Nacional Bahía de Loreto, Golfo de California.  
CIBNOR

### FORMATO DATOS *Crotalus catalinensis*

---

LOCALIDAD: \_\_\_\_\_

CLAVE MAPA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

COLECTORES: \_\_\_\_\_

ARROYO

LADERA

ALTITUD

HORA COLECTA:

UTM COLECTA:

CLAVE COLECTA:

TEMP. SUELO

H.R SUELO

TEMP. AIRE (1 m)

H. R. AIRE (1 m)

---

**COMPORTAMIENTO:**

ENROSCADA       MOVIMIENTO

OBSERVACIONES:

---

**DATOS EJEMPLAR**

MORFO:  CLARO  
 OSCURO

TEMP. CLOACAL

**CONDICIÓN REPRODUCTIVA**

---

**CONTENIDO ESTOMACAL:**

PRESENTE       AUSENTE

LHC:

LCC:

LT:

PESO:

TOMA DE MUESTRA:


**MARCAJE**

CAPTURA

RECAPTURA

**Apéndice II.** Formato de campo para la caracterización del hábitat de la serpiente de cascabel *C. catalinensis*.

Conservación de las Ielas del Parque Nacional Bahía de Loreto, Golfo de California.  
 CIBNOR



### FORMATO DATOS HÁBITAT

#### *Crotalus catalinensis*

---

LOCALIDAD: \_\_\_\_\_ CLAVE MAPA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

CLAVE DE SERPIENTE 
 MARCAJE SERPIENTE 
 PENDIENTE SITIO

#### VARIABLES ESTRUCTURALES EN CUADRANTES

VARIABLE	N	E	S	O
DISTANCIA A BASE DE PLANTA (0 - 0.60 m)				
DIST. A PROY. VERT. PLANTA (0 - 0.60 m)				
DISTANCIA A BASE DE PLANTA (0.60 - 1.5 m)				
DIST. A PROY. VERT. PLANTA (0.60 - 1.5 m)				
DISTANCIA A BASE DE PLANTA (1.5 - 3.0 m)				
DIST. A PROY. VERT. PLANTA (1.5 - 3.0 m)				
DISTANCIA A CARDON MUERTO				
DISTANCIA A CARDON VIVO (> 3 m)				
DISTANCIA BIZNAGA (>0.6 m)				
DISTANCIA A ROCA (10 - 25 cm)				
DISTANCIA A ROCA (25 - 50 cm)				
DISTANCIA A ROCA (> 50 cm)				