



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

ECOLOGÍA DE FORRAJEO DE *Boa  
constrictor*. UN DEPREDADOR  
INTRODUCIDO A LA ISLA COZUMEL

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

CRISTOPHER ARTURO GONZALEZ  
BACA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFREDO D. CUARÓN OROZCO

MEXICO, D.F.

ABRIL, 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A "Chino y Came, mis jefes". Me dieron la oportunidad de descubrir lo que ahora es mi pasión y los valores para alcanzar mis metas.

A Denise por tu ayuda con las boas, por estar juntos, por compartir la isla, el campo, los días y la vida, por crecer juntos, por llenar mi vida con tu magia. Por ser lo que amo.

A Diego por despertar sonriendo en tu cuna, por correr tras los perros en el parque, por mojarme mientras te bañamos, por todos esos pequeños detalles que le dan motivación a cada día.

A Cozumel por esta nueva historia.

## **GRACIAS!**

---

Esta tesis estuvo en proceso durante tanto tiempo y en tantos lugares que si agradezco a todos los que me apoyaron la lista sería más larga que la misma tesis, además, considerando mi memoria RAM es muy probable que me olvide de más de la mitad. Así que, primero que nada y por si no estas en la lista: GRACIAS!

De nuevo, gracias al Sr. Dr. Don Cuarón en “La tesis contraataca”. Una tesis más como esta y te beatificas. Has formado parte importante de muchos cambios trascendentales de mi vida. Gracias por estar ahí, por tu apoyo y, sobre todo, por tu amistad.

Gracias al Dr. Aurelio Ramírez y al Dr. Gerardo Herrera por sus comentarios y guía durante el desarrollo y final de este trabajo. Igualmente gracias a la Dra. Ella Vázquez y al Dr. Andrés García por sus acertadas sugerencias y rápida respuesta.

Mil gracias a la familia Cartón de Grammont Lara y Kuico, por su amabilidad, hospitalidad y aguantarme un rato en su casa. Al Dr “Vali” por adoptarme en su laboratorio en el IE y recibirme en su casa.

A los Cozumeleños por adopción y que alguna vez les tocó filosofar en un trayecto nocturno, disfrutar del dulce aroma de un contenido estomacal o compartir garrapatas en el peeche sillón: 1ª y 2ª Generación y compañeros de hotel o casa Gabo, José Carlos, Guilota, Nenorrinha Najera, Luís Bernardo, El Doitor Martínez, Tohui, Flora, Wanda, Iris, Jimena. 3ª y 4ª Generaciones, Chechi, Ninia, Miriam, “Dotora” Betancourt, Daniel, Emilio.

A amigos, compañeros por el apoyo moral en los cursos maestría: Chinto, Lionor, Poncharelo, Tamara, Javierín, Carmela. Gracias a la gente en el CIEco que me apoyaron con los múltiples trámites que siempre hay que hacer y embrollos de cómputo: Heberto Ferreira, Mauricio Quesada.

Gracias al personal en la UAP que tanto y tan amablemente me ayudaron para llegar al fin de esto: Dolores Rodríguez, Lilia Espinosa.

Muchas gracias a todas las personas e instituciones cozumeleñas que me apoyaron para lograr los objetivos de este trabajo. Al Ing. Ernesto Vivas por el apoyo y amabilidad, al CP. Adolfo Viana y al personal de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado por permitirme hacer uso de las instalaciones en la zona de extracción. Al personal del Centro de Conservación de la Fundación de Parques y Museos de Cozumel, el “Profe” Jesus Benavides, Héctor González, Rafael Chacón, Orlando Toledo y Jorge Zacarías por la donación de boas, boitas y bootas y el apoyo en el campo en múltiples ocasiones. Al “Chino” Azcorra y familia. A FIDECARIBE (ahora IPAE), al Ejido de Cozumel. Al H. Ayuntamiento de Cozumel, especialmente a Felipe Romo Cordero y José Carlos González, por la comprensión y apoyo en la oficina para terminar esto.

Al Llc. Jorge Ortega Joaquín (Junta Coordinadora Empresarial) y al MVZ Raúl López Osorio, por el apoyo con la logística en Cozumel.

Este estudio fue financiado gracias al apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) dentro del proyecto 33635-V y del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental (SEMARNAT-CONACYT) dentro del proyecto SEMARNAT-2002-C01-0571, ambos bajo la dirección del Dr. Alfredo D. Cuarón, y del Durrell Wildlife Conservation Trust.

# CONTENIDO

---

RESUMEN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1 INTRODUCCIÓN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Variación de la dieta en serpientes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Variación de la dieta en <i>Boa constrictor</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2 HIPÓTESIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3 OBJETIVOS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Objetivo general .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Objetivos particulares.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4 COZUMEL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Vegetación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1 Selva mediana subcaducifolia.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2 Selva baja subcaducifolia .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3 Manglar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.4 Tasistal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.5 Vegetación halófila o de dunas costeras .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
4.1.6 Tular - saibal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.7 Vegetación secundaria .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Fauna.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1 Anfibios y reptiles.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2 Mamíferos .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3 Aves .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Amenazas para la conservación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5 MÉTODOS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Recolección de datos y diseño .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Especies consideradas como presa de <i>Boa constrictor</i> en el estudio	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
5.3 Métodos para el estudio de boas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3.1 Análisis de dieta.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.4	Métodos para captura de individuos y análisis de abundancia .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>		
5.4.1	Boas y otros vertebrados nocturnos ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.2	Presas grandes.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.3	Lagartijas. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.4	Anfibios y pequeños reptiles .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.5	Roedores .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5	Selección de presas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.6	Análisis estadísticos.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6	RESULTADOS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1	Morfometría de boas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.1	Clases de tamaño .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.2	Dimorfismo sexual .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2	Dieta de <i>Boa constrictor</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.1	Composición de la dieta.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.2	Frecuencia de alimentación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.3	Variación ontogénica de la composición de la dieta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>not defined.</b>		
6.3	Riqueza y abundancia de presas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.1	Presas grandes.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.2	Anfibios y reptiles.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.3	Lagartijas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.4	Roedores .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4	Selección de presas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7	DISCUSIÓN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1	Morfometría de boas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1.1	Clases de tamaño .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1.2	Dimorfismo sexual .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2	Dieta de <i>Boa constrictor</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2.1	Composición de la dieta.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2.2	Frecuencia de alimentación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

7.2.3	Variación ontogénica de la composición de la dieta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.3	Riqueza de especies y abundancia de presas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.4	Selección de presas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8	CONCLUSIONES .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9	LITERATURA CITADA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



# 1 INTRODUCCIÓN

---

La forma en que un organismo se relaciona con el medio puede determinar distintos aspectos biológicos: a) su morfología o conducta; b) la estabilidad de la población, y; c) la abundancia relativa de la especie en el ecosistema (Sih *et al.* 1998). Esta relación con el medio incluye el aprovechamiento de recursos como el espacio o el alimento; un ejemplo es la depredación (Johnson 1980, Pyke 1984). Entonces, la depredación puede ser un factor clave que regula procesos biológicos en ecosistemas naturales, de ahí la importancia de su estudio (Sih *et al.* 1985, Gotelli 1995, Sih *et al.* 1998).

Para conocer el papel de la depredación en los ecosistemas es importante estudiar la ecología de forrajeo en los depredadores. Esto es el estudio de los factores que influyen en los organismos para obtener recursos y sus consecuencias (Block 1991). Algunos de estos factores son variaciones individuales como el sexo, el tamaño o su conducta, o ambientales como el tipo de hábitat o la abundancia de recursos (*e.g.*, Glodek y Voris 1982, Sih *et al.* 1985, Miller y Mushinsky 1990, Shine *et al.* 1998b, Lima y Magnusson 2000).

La ecología de forrajeo abarca múltiples aspectos, uno determinante para el éxito de los depredadores es la estrategia de forrajeo (Pyke 1984). Por ejemplo, los felinos en sistemas neotropicales consumen una proporción de presas similar a la proporción existente en el ambiente, por lo que se consideran como depredadores generalistas (Terborgh 1988). Mientras tanto, leones y guepardos en las sabanas africanas se considerarían como depredadores selectivos, por utilizar un espectro reducido de especies (Terborgh 1988).

El papel de los depredadores ha sido ampliamente estudiado y en algunos de éstos estudios han determinado que cumplen papeles importantes en los efectos “cascada” de cadenas tróficas (*e.g.*, Terborgh 1988, Asquith *et al.* 1997, Pace 1999, Wright *et al.* 2000, Cullen *et al.* 2001). Sin embargo, generalmente, cuando se habla de depredación y sus efectos en los ecosistemas, los primeros en ser considerados son los depredadores carismáticos, como los grandes felinos (*e.g.*, Sih *et al.* 1985, Terborgh 1988). Al contrario que con los grandes felinos,

hay poco interés por estudiar los efectos de la depredación causada por serpientes (Bonett *et al.* 2002). La ausencia de estudios de depredación en serpientes resulta paradójica considerando que en su dieta incluyen otros animales con papeles ecológicos importantes (e.g., dispersores de semillas, polinizadores o presas de otros depredadores) y que en muchos sitios las serpientes son los depredadores de más alto nivel en la cadena trófica (Mushinsky 1987, Luiselli *et al.* 1998).

## 1.1 VARIACIÓN DE LA DIETA EN SERPIENTES

Entre los estudios de dieta de serpientes una baja proporción consideran la variación de la depredación ocasionada por factores como el tamaño, hábitat o abundancia de presas. Estos factores pueden determinar la ecología de forrajeo de una serpiente y, por lo tanto, su relación con el ambiente (Huey y Pianka 1981, Pearson *et al.* 2002, Greene y Rodríguez-Robles 2003).

El tamaño corporal ha sido considerado como una de las características morfológicas más importantes debido a que influye en casi todos los aspectos de los organismos (Naganuma y Roughgarden 1990). En las serpientes el tamaño influye directamente en su dieta y puede ser resultado de distintos factores como la ontogenia o el sexo. Una serpiente adulto puede alimentarse más frecuentemente y/o con diferentes presas que una juvenil, aún habitando el mismo ambiente (Miller y Mushinsky 1990, Shine *et al.* 1998a, Madsen y Shine 2000, Forsman 1991). Del mismo modo que la ontogenia, el sexo puede afectar la ecología de forrajeo (Houston y Shine 1993, Shine 1993, Gregory *et al.* 1999, Rivas y Burghardt 2001), ya que generalmente las serpientes hembra son más grandes que los machos (Shine *et al.* 1999). El efecto del tamaño en la dieta es evidente en las serpientes constrictoras, las cuales dependen completamente de su tamaño para someter a sus presas (Greene y Burghardt 1970). Incluso cuando pueden someter presas mayores, como las especies venenosas, el tamaño influye en su dieta, debido a que todas las serpientes tragan a sus presas completas, por

lo que el tamaño de su cabeza limita el tamaño de la presa (Miller y Mushinsky 1990, Shine 1991, King 2002).

Otra causa de variación de la dieta de un depredador es el hábitat (Gascon *et al.* 1999, Bond y Chase 2002). Esto se debe a que en muchos casos la diversidad y abundancia de presas es distinta en cada tipo de vegetación (Escamilla *et al.* 2000, González-Baca 2002). Entonces, la vegetación puede influir directamente en la composición de la dieta y en la frecuencia de alimentación de un depredador (Reagan 1986, Houston y Shine 1993, Richards y De Roos 2001). Sin embargo, en serpientes existen pocos trabajos donde se considere la estructura de la vegetación como factor de variación en la ecología del forrajeo (*e.g.*, Mushinsky 1987, Luiselli *et al.* 1998).

## **1.2 VARIACIÓN DE LA DIETA EN *BOA CONSTRICTOR***

El género *Boa* se considera monofilético con *B. constrictor* (McDowell 1987), sin embargo, hay evidencia para que se incluyan en ese género las especies de los géneros *Eunectes* y *Epichrates* (Vences *et al.* 2001). *Boa constrictor* se distribuye desde Sonora y Tamaulipas hasta Argentina, habitando un amplio espectro de ambientes desde el nivel del mar hasta 1000 msnm (Greene 1983, Lee 1996). Con hábitos principalmente nocturnos, que pueden verse modificados en función de su estado reproductivo (Campbell 1998, Attademo *et al.* en prensa). Es una serpiente no venenosa que llega a alcanzar los 5 m de longitud, con una coloración consistente en manchas dorsales oscuras sobre un fondo café claro o gris, los juveniles generalmente presentan coloración más brillante (Greene 1983, Watkins-Colwell y Leenders 2003).

Algunos herpetólogos suponen que en las boas la estrategia para cazar es “sentarse y esperar”, en lugar de ser buscadores activos (Greene 1997). Sin embargo, observaciones recientes sugieren que las boas son buscadores activos de lugares para después sentarse y esperar (Campbell 1998). *B. constrictor* detecta las presas de manera visual o por rastros termales o químicos (Ulinsky 1972). La presa es capturada mediante un movimiento rápido de la cabeza, abre

la boca durante el ataque hasta acorralar a la presa con los dientes, simultáneamente, levanta a la presa, la enrolla con el cuerpo y le aplica constricción, hasta que la presa muere por asfixia (Greene y Burghardt 1970).

La mayoría de lo que se conoce sobre la dieta de *Boa constrictor* está basado en datos anecdóticos. Algunos reportes de depredación por boas incluyen puercoespín (*Coendu rothschild*; Tschambers 1949), coatíes (*Nasua narica*; Janzen 1970), murciélagos (Thomas 1974), mono capuchino (*Cebus capucinus*; Chapman 1986) y un ave atila (*Attila spadiceus*; Boback *et al.* 2000). Hasta hace poco se realizaron estudios sistemáticos de la composición de la dieta de *Boa constrictor* (*e.g.*, Sironi *et al.* 2000, Quick *et al.* 2005).

En este estudio describo variables morfométricas de *Boa constrictor*, la disponibilidad de presas en cada tipo de vegetación de la isla y la relación de estos factores con la dieta de esta serpiente. Presumiblemente la ecología de forrajeo de las boas se modificará de acuerdo con su tamaño. Para demostrar esto tomo en cuenta dos factores: 1) ontogenia, ya que las boas presentan un gran intervalo de tamaño (de aproximadamente 30 cm al nacer, hasta 5 m de adultos; Greene 1983); y, 2) el sexo, ya que se ha demostrado que las boas presentan dimorfismo sexual, siendo las hembras adultas más grandes que los machos (*e.g.*, Bertona *et al.* 1998 Chiaraviglio *et al.* 2003, Bertona y Chiaraviglio 2003). En cuanto a factores ambientales, *Boa constrictor* usa de manera indistinta diferentes tipos de vegetación en Cozumel (Romero-Nájera 2004). Pretendo determinar si la diversidad y abundancia de las presas es diferente en cada tipo de vegetación y si esto es fuente de variación en la estrategia de forrajeo de las boas.

Adicionalmente, es importante mencionar que *Boa constrictor* es una especie que se introdujo a Cozumel en 1971 y que actualmente ésta especie se encuentra establecida ampliamente en la isla (Martínez-Morales y Cuarón 1999, Romero-Nájera 2004, obs. pers.). Considerando que los depredadores son los que mayores efectos tienen en los ecosistemas cuando son introducidos (Gurevitch y Padilla 2003), éste trabajo aportará datos útiles para evaluar el efecto de las boas en Cozumel, así como el estado de las poblaciones de presas.

## RESUMEN

---

La ecología de forrajeo es el estudio de los factores que influyen en los organismos para la obtención de recursos, entre estos se incluyen edad, talla, sexo, conducta (estrategia de forrajeo), hábitat o disponibilidad de recursos. Pocos estudios se han enfocado a la ecología de forrajeo de las serpientes. El objetivo de este estudio fue describir factores morfológicos y ambientales y su relación con la ecología de forrajeo de *Boa constrictor* en la Isla Cozumel. Para ello capturé boas, tomé diferentes medidas corporales y analicé su contenido estomacal. Además utilicé distintos métodos para determinar la disponibilidad de presas potenciales en cada tipo de vegetación de la isla. Encontré que machos y hembras de *Boa constrictor* son similares en la mayoría de las características morfológicas, pero no en el peso y la longitud de la cola. Encontré que la longitud relativa de la cola sirve para identificar el sexo independientemente del tamaño de las boas. Las boas consumieron una amplia variedad de presas. Encontré una relación entre el tamaño de las boas y la frecuencia de alimentación. Cuarenta por ciento de las boas analizadas contenían restos de presas, de las cuales la mayoría fueron hembras adultas. Las boas consumieron una amplia variedad de presas de diferentes tamaños, independientemente de su talla. La abundancia de cada grupo de presas fue distinta en los distintos tipos de vegetación. Los anfibios, reptiles y roedores fueron menos abundantes en la selva baja subcaducifolia. Mientras que en ese mismo tipo de vegetación las presas grandes (> 200 g) presentaron una tendencia a mayor abundancia. Las boas en Cozumel no consumieron las presas de acuerdo a su disponibilidad. Eligieron preferentemente a las presas grandes pese a su poca disponibilidad. Es necesario el monitoreo de la población y alimentación de las boas en Cozumel, así como de sus presas, especialmente las endémicas, para realizar acciones de control bien fundamentadas de esta especie introducida.

## ABSTRACT

---

Foraging ecology studies the factors that influence in organisms for obtaining resources, among these are age, size, sex, behavior (foraging strategy), habitat or availability of resources. Few studies have focused on foraging ecology of serpents. The aim of this study was to describe morphologic and environmental factors and their relation with foraging ecology of *Boa constrictor* on Cozumel Island. I captured boas, took different body measures and analyzed their stomach content. In addition, I used different complementary methods in order to check the availability of potential prey in the different vegetation types on the island. Male and females boas were similar in most morphologic characteristics, but differ in weight and tail length. Relative tail length is useful to identify sex in boas at any size stage. The boas consumed a wide size of preys. Feeding frequency is related to the size of the boas. Forty percent of the boas contained food, most of these were adult females. Boas ate preys of very different sizes. Prey abundance was different in every types of vegetation. Amphibians, reptiles and rodents were less abundant in low tropical forest. Whereas in that same type of vegetation big preys (>200 g) had a trend to be more abundant. Boas in Cozumel did not consume the prey according to their availability. They elect big prey in spite of its little availability. It's necessary to constantly check populations of boas and their prey, specially endemic ones, in order to develop control strategies.

## 2 HIPÓTESIS

---

1. *Boa constrictor* consume una amplia variedad de presas.
2. Hay una relación directa entre el tamaño de las boas con la frecuencia de alimentación y el tamaño de las presas consumidas.
3. La riqueza y abundancia de cada tipo de presa para *Boa constrictor* es diferente en cada tipo de vegetación.
4. Las boas consumen las presas de acuerdo a su disponibilidad.

### 3 OBJETIVOS

---

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar factores morfológicos (tamaño) y ambientales (disponibilidad de presas) que se puedan asociar a la variación en la dieta de *Boa constrictor* en la Isla Cozumel.

#### 3.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer la variación de tamaño en boas relacionada con la ontogenia y el sexo.
- Evaluar la abundancia de presas potenciales para las boas en los distintos tipos de vegetación.
- Determinar la estrategia de forrajeo de *Boa constrictor* basado en la frecuencia de alimentación, composición de la dieta y selección de los recursos disponibles.

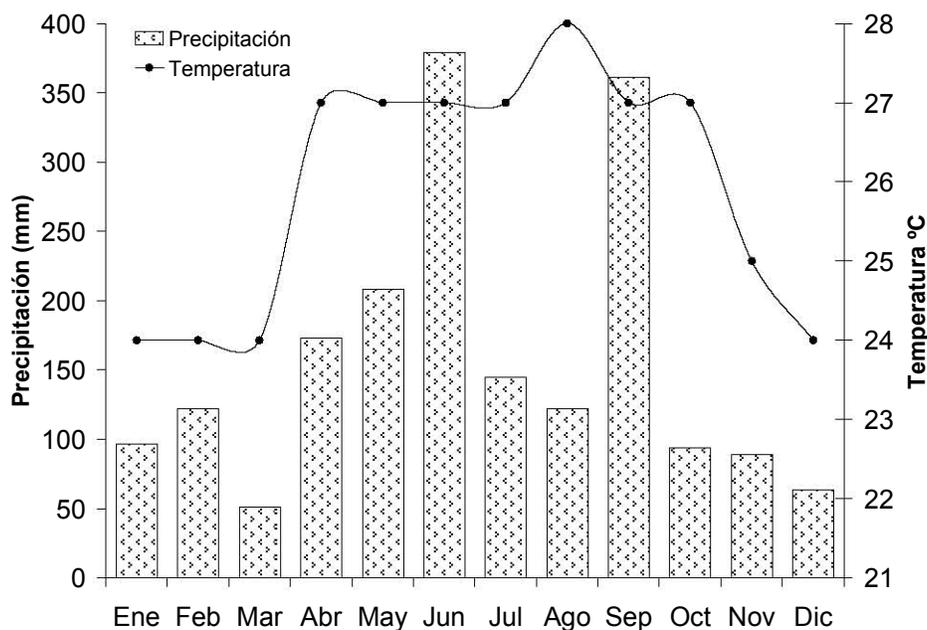
## 4 COZUMEL

Realicé el estudio en la Isla Cozumel, Quintana Roo, la cual esta ubicada en el polígono dentro de las coordenadas  $20^{\circ}48'00''$ ,  $20^{\circ}16'12''N$  y  $87^{\circ}01'48''$ ,  $86^{\circ}43'48''W$ . Es una isla de origen coralino con una extensión aproximada de 480 km<sup>2</sup>. Ubicada en el Mar Caribe, al noreste de la península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo, a 17.5 km de tierra firme (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la Isla Cozumel

De las 451 islas que existen en aguas territoriales mexicanas solo 144 están habitadas, de éstas Cozumel es la mayor ocupando casi el 10% del total de territorio insular mexicano (INEGI 2002). Presenta un clima cálido-húmedo con una temperatura media anual de 26 °C, lluvias intensas en verano y una precipitación promedio anual de 1570 mm (Figura 2; CNA 2005). Los recursos hídricos superficiales que se presentan en la isla son lagunas costeras, humedales, cenotes y aguadas. Además hay aguas subterráneas con una capa de agua dulce. El suelo presente es el mismo material calizo que forma el suelo de la península de Yucatán.



**Figura 2.** Temperatura y precipitación anual promedio en la Isla Cozumel (Datos promedio de los años 2001-2003; CNA, datos no publicados).

## 4.1 VEGETACIÓN

Hasta el año 2000, cerca del 90% de la isla estaba cubierta por vegetación natural (Romero-Nájera 2004). La vegetación de la isla es similar a la que existe en la parte continental más cercana, constituida por asociaciones vegetales de clima cálido. Los principales tipos de vegetación y que presentan mayor cobertura y diversidad de especies son: selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia y manglar. Existe otro grupo de tipos de vegetación con menor cobertura y diversidad, por lo general, se encuentran asociados a los tipos principales: tular, tasistal, saibal y vegetación de dunas costeras. La siguiente clasificación está basada en Tellez *et al.* (1989) y el área de cobertura de cada tipo de vegetación en Romero-Nájera (2004).

### 4.1.1 Selva mediana subcaducifolia

Este tipo de vegetación ocupa poco más de 300 km<sup>2</sup>, es decir, 65% del total de la isla, distribuida a lo largo de casi toda la isla, con excepción de las costas. Con un

dosel que alcanza de 8 a 20 m de altura, y un sotobosque de poca densidad, compuesto principalmente por individuos jóvenes de las especies arbóreas. Se pueden encontrar, a su vez, diferencias en este tipo de vegetación de acuerdo al sitio donde se encuentre en la isla. En la zona central se pueden encontrar zonas con este tipo de vegetación pero con mayores alturas del dosel y mayor complejidad de especies. Las especies de flora más abundantes en este tipo de vegetación son: *Metopium brownei*, *Gliricidia sepium*, *Lysiloma latisiliqua*, *Manilkara zapota*, *Gymnopodium floribundum*, *Coccoloba diversifolia*, *Bursera simaruba*, *Lonchocarpus xuul* y *Neea* sp. (P. Patiño, com. pers.). Para facilitar la fluidez del texto en adelante me referiré a este tipo de vegetación como selva mediana.

#### **4.1.2 Selva baja subcaducifolia**

Presenta un dosel menor de 8 m y está menos representada que la selva mediana, cubriendo solo 27 km<sup>2</sup> (6 % del total). Con un estrato arbóreo principal y otro arbustivo. Hay pocas especies trepadoras y epífitas. Algunas de las zonas con esta vegetación permanecen inundadas en la temporada lluviosa del año, con presencia de especies epífitas. Los suelos donde se encuentra esta vegetación son someros y con poca materia orgánica.

Las especies de plantas más abundantes son: *Enriquebeltrania crenatifolia*, *Pithecellobium mangense*, *P. dulce* y *Diospyros nicaraguensis*. Con algunas especies epífitas como *Brassavola nodosa*, *Microgramma nitida*, *Aporocactus flabelliformis* y *Dioscorea floribunda*. En adelante me referiré a este de vegetación como selva baja.

#### **4.1.3 Manglar**

Es una comunidad importante en la isla, por las funciones ecológicas que cumple, y por encontrarse representado en casi 16% del área total de la isla. La vegetación alcanza de 5 a 10 m de altura con valores altos de humedad y temperatura. Se inunda periódicamente con aguas saladas o salobres, por lo que los suelos son ricos en materia orgánica. Las especies de plantas dominantes son: *Rhizophora*

*mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicenia nitida* y *Batis marítima* y se pueden llegar a encontrar *Manilkara zapota* y *Annona glabra*.

#### **4.1.4 Tasistal**

Es una asociación poco diversa, con palmas dominantes de 3 a 10 m de altura. Cubre solamente el 2% del total de la isla, normalmente está asociada a otras comunidades. La especie dominante es la palma *Acoelorhappe wrightii* y en menor cantidad *Cladium jamaicense*, *Acrostichum danaeifolium* y *Schomburgkia tibicinis*.

#### **4.1.5 Vegetación halófila o de dunas costeras**

Son principalmente arbustos y herbáceas, que cubren menos del 1% del total de la isla, ubicados sobre todo en la costa oriental. Se encuentra también en asociaciones muy cercanas con manglar y tasistal. Esta zona es la más expuesta a huracanes y vientos fuertes, así como a salinidad e insolación. Se hallan en suelos formados por arena o rocas. Se pueden encontrar las plantas *Ambrosia hispida*, *Canavalia rosea*, *Tournefortia gnaphalodes*, *Coccoloba uvifera*, *Thrinax radiata*, *Caesalpinia bonduc* y *Enriquebeltrania crenatifolia*.

#### **4.1.6 Tular - saibal**

Menos representadas se encuentran también áreas de tular-saibal, que son asociaciones ubicadas en suelos periódicamente o permanentemente inundados. Con una baja diversidad las especies que se pueden encontrar son: *Typha domingensis*, *Cladium jamaicense* y *Acrostichum danaeifolium*, *Dalbergia brownei* y *Rhabdadenia biflora*.

#### **4.1.7 Vegetación secundaria**

También se pueden encontrar áreas pequeñas de vegetación secundaria (cubriendo el 0.02% de la isla), que son comunidades regeneradoras que se desarrollan cuando uno de los tipos principales es destruido. Las especies que albergan son plantas de rápido crecimiento y eficiente dispersión, algunas trepadoras y epífitas. Esta vegetación es común en lugares que han sido talados, como orillas de caminos, sitios viejos de cultivo o en sitios perturbados por

huracanes o fuego. Algunas de las especies presentes son: *Cecropia obtusifolia*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Trichilia havanensis*, *Leucaena leucocephala* y *Callicarpa acuminata*.

## **4.2 FAUNA**

### **4.2.1 Anfibios y reptiles**

Cozumel es la isla mexicana con mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles (Calderón-Patrón *et al.* 2004). Campbell (1998) y Lee (2000) reconocen 31 especies, de las cuales, 13 están en alguna categoría de riesgo (Cuadro 1). Además, durante la elaboración de este trabajo se capturaron dos especies de serpientes que no habían sido registradas para la isla (datos no publicados; Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Especies de anfibios y reptiles registradas para la Isla Cozumel (Campbell 1998, Lee 2000, González-Baca *et al.* datos no publicados). UICN y NOM indican la categoría de riesgo de acuerdo a la UICN (2004) y SEMARNAT (2001).

Familia	Especie	Categoría de riesgo	
		UICN <sup>a</sup>	NOM <sup>b</sup>
LEPTODACTYLIDAE	<i>Leptodactylus labialis</i>	NI	NI
BUFONIDAE	<i>Bufo marinus</i>	NI	NI
	<i>Bufo valliceps</i>	NI	NI
HYLIDAE	<i>Hyla microcephala</i>	NI	NI
	<i>Scinax staufferi</i>	NI	NI
	<i>Smilisca baudinii</i>	NI	NI
CROCODILIDAE	<i>Crocodylus acutus</i>	VU	Pr
CHELONIIDAE	<i>Caretta caretta</i>	EN	P
	<i>Chelonia mydas</i>	EN	P
KINOSTERNIDAE	<i>Kinosternon scorpioides</i>	NI	Pr
EMYDIDAE	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	NI	A
	<i>Trachemys scripta</i>	LR	Pr
GEKKONIDAE	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	NI	Pr
	<i>Sphaerodactylus millepunctatus</i>	NI	NI
	<i>Aristelliger georgeensis</i>	NI	Pr
	<i>Hemidactylus frenatus</i>	NI	NI
CORYTOPHANIDAE	<i>Basiliscus vittatus</i>	NI	NI
IGUANIDAE	<i>Ctenosaura similis</i>	NI	A
	<i>Iguana iguana</i>	NI	Pr
PHRYNOSOMATIDAE	<i>Sceloporus cozumelae</i>	NI	Pr
POLYCHROTIDAE	<i>Anolis cristatellus</i>	NI	NI
	<i>Norops rodriguezii</i>	NI	NI
	<i>Norops sagrei</i>	NI	NI
	<i>Eumeces schwartzei</i>	NI	NI
SCINCIDAE	<i>Mabuya unimarginata</i>	NI	NI
TEIIDAE	<i>Aspidoscelis cozumela</i> <sup>c</sup>	NI	NI
LEPTOTYPHLOPIDAE	<i>Leptotyphlops goudotii</i>	NI	NI
BOIDAE	<i>Boa constrictor</i>	NI	A
COLUBRIDAE	<i>Dryadophis melanolomus</i> <sup>d</sup>	NI	NI
	<i>Leptodeira frenata</i>	NI	NI
	<i>Oxybelis fulgidus</i>	NI	NI
	<i>Tantilla moesta</i> <sup>d</sup>	NI	NI
	<i>Thamnophis proximus</i>	NI	A

a. NI: No incluido; EN: en peligro; VU: vulnerable; LR: bajo riesgo

b. NI: No incluido; P: en peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial.

c. Especie endémica

d. Especie registrada por primera vez para Cozumel

#### 4.2.2 Mamíferos

En Cozumel existen 17 especies de mamíferos terrestres no voladores, de los cuales siete son taxa endémicos, lo que la hace una de las islas con más taxa endémicos en México (Martínez-Morales 1996, Reid 1997, Ceballos *et al.* 1998, Cuarón *et al.* 2004; Cuadro 2). Además, en los mamíferos endémicos de la isla se pueden observar diferencias significativas de tamaño en comparación con sus contrapartes continentales (*e.g.*, Cuarón *et al.* 2004, García Vasco 2005).

**Cuadro 2.** Especies de mamíferos terrestres no voladores registradas para la Isla Cozumel (Martínez-Morales 1996, Reid 1997, Cuarón *et al.* 2004, Cuarón *et al.* datos no publicados). UICN y NOM indican la categoría de riesgo de acuerdo a la UICN (2004) y SEMARNAT (2001). L

Familia	Especie	Categoría de riesgo	
		UICN <sup>a</sup>	NOM <sup>b</sup>
DIDELPHIDAE	<i>Didelphis marsupialis cozumela</i> <sup>c</sup>	NI	NI
DASYPODIDAE	<i>Dasypus novemcinctus</i> <sup>d</sup>	NI	NI
MURIDAE	<i>Oryzomys couesi cozumelae</i> <sup>c</sup>	NI	A
	<i>Reithrodontomys spectabilis</i> <sup>c</sup>	EN	A
	<i>Peromyscus leucopus cozumelae</i> <sup>c</sup>	NI	A
	<i>Rattus rattus</i> <sup>d</sup>	NI	NI
	<i>Mus musculus</i> <sup>d</sup>	NI	NI
DASYPROCTIDAE	<i>Dasyprocta punctata</i> <sup>d</sup>	NI	NI
	<i>Cuniculus paca nelsoni</i> <sup>d</sup>	NI	NI
CANIDAE	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	NI	NI
	<i>Canis familiaris</i> <sup>d</sup>	NI	NI
PROCYONIDAE	<i>Procyon pygmaeus</i> <sup>c</sup>	EN	P
	<i>Nasua nelsoni</i> <sup>c</sup>	EN	A
	<i>Potos flavus</i> <sup>d</sup>	NI	Pr
FELIDAE	<i>Felis catus</i> <sup>d</sup>	NI	NI
TAYASSUIDAE	<i>Pecari tajacu nanus</i> <sup>c</sup>	NI	P
CERVIDAE	<i>Odocoileus virginianus</i> <sup>d</sup>	NI	NI

a. NI: No incluido; EN: en peligro

b. NI: No incluido; P: en peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial.

c. Taxón endémico

d. Especie introducida

### 4.2.3 Aves

Howell y Webb (1995) mencionan que hay 203 especies de aves registradas para Cozumel (Anexo I). Recientemente Howell (2004) añade a la lista 21 especies, sumando ahora un total de 224 especies de aves en la isla. De las cuales 52 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la normatividad mexicana y 19 son endémicas (SEMARNAT 2001; Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Aves endémicas para la Isla Cozumel (Martínez-Morales 1996). UICN y NOM indican la categoría de riesgo de acuerdo a la UICN (2004) y SEMARNAT (2001). Ver anexo 1 para el listado completo de aves de la isla.

Familia	Especie	Categoría de riesgo	
		UICN <sup>a</sup>	NOM <sup>b</sup>
TROCHILIDAE	<i>Chlorostilbon forficatus</i>	NI	NI
TROGLODYTIDAE	<i>Troglodytes beani</i>	NI	Pr
MIMIDAE	<i>Toxostoma guttatum</i>	CR	P
	<i>Melanoptila glabrirostris cozumelana</i>	NT	NI
VIREONIDAE	<i>Vireo bairdi</i>	NI	Pr
ACCIPITRIDAE	<i>Buteo magnirostris gracilis</i>	NI	Ni
CRACIDAE	<i>Crax rubra griscomi</i>	NT	P
PICIDAE	<i>Melanerpes pygmaeus pygmaeus</i>	NI	NI
	<i>Melanerpes aurifrons leei</i>	NI	NI
	<i>Attila spadiceus cozumelae</i>	NI	Pr
TYRANNIDAE	<i>Myiarchus yucatanensis lanyoni</i>	NI	NI
	<i>Myiarchus tyrannulus cozumelae</i>	NI	NI
	<i>Polioptila caerulea cozumelae</i>	NI	NI
VIREONIDAE	<i>Cyclarhis gujanensis insularis</i>	NI	Pr
EMBERIZIDAE	<i>Dendroica petechia rufivertex</i>	NI	NI
	<i>Spindalis zena benedicti</i>	NI	NI
	<i>Piranga roseogularis cozumelae</i>	NI	NI
	<i>Cardinalis cardinalis saturata</i>	NI	NI
	<i>Tiaris olivacea intermedia</i>	NI	NI

a. NI: No incluido; CR: en peligro crítico; NT: casi amenazado.

b. NI: No incluido; P: en peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial.

### 4.3 AMENAZAS PARA LA CONSERVACIÓN

Cuarón *et al.* (2004) mencionan seis amenazas principales para la conservación de los carnívoros endémicos de Cozumel, que pueden aplicarse al resto de la fauna nativa.

Un problema particular para las especies endémicas es la introducción de congéneres continentales. Esto es problemático principalmente para los carnívoros por ser las especies que más se usan tradicionalmente como mascotas (e.g. mapaches, tejones, martuchas; Cuarón 1991, 1997, 2005). Su introducción y liberación puede ocasionar hibridación con las especies endémicas.

Otro problema es la introducción de especies. Por su condición de isla, Cozumel es particularmente vulnerable a este problema. En la isla existen evidencias de la introducción de las boas (Martínez-Morales y Cuarón 1999) y es probable que la culebra lagartijera (*Dryadophis melanolomus*) haya sido introducida recientemente (obs. Pers.). Por su gran tamaño, *Boa constrictor* tiene capacidad para depredar presas de una amplia gama de tamaños y la segunda puede ser depredadora de lagartijas pequeñas y roedores. Otras especies exóticas son los perros (*Canis familiaris*), gatos ferales (*Felis catus*) y roedores asociados a humanos (*Rattus rattus* y *Mus musculus*).

Los parásitos y enfermedades dispersadas por especies exóticas son otro problema de gran importancia. Se ha demostrado, por ejemplo, que los mapaches enanos han estado expuestos a enfermedades propias de gatos y perros como hepatitis y distemper canino, panleucopenia felina y *Toxoplasma gondii* (Mc Fadden *et al.* 2005). Es probable que las especies nativas de Cozumel sean más vulnerables a enfermedades comunes en continente debido a que históricamente no han estado expuestas a ellas.

Hasta ahora la pérdida o fragmentación de hábitat ocasionada por crecimiento urbano o por actividades agropecuarias no es un problema serio en Cozumel (Romero-Najera 204). Sin embargo, la construcción de carreteras ha ocasionado la fragmentación de la isla en, al menos, dos regiones.

Se sabe que en la isla se capturan especies para su consumo o para uso como mascotas. Esto es un factor importante que podría ocasionar la pérdida de

especies. El caso más común es la captura de aves de ornato. Las especies más utilizadas son las silvias amarillas (*Dendroica petechia rufivertex*), perlitas (*Polioptila caerulea cozumelae*), tángaras (*Piranga roseogularis cozumelae*), cardenales (*Cardinalis cardinalis saturate*) y reinitas (*Coereba flaveola*; Obs. Pers.). Los cuatro primeros taxa son endémicos a Cozumel.

Las amenazas mencionadas anteriormente son ocasionadas por los humanos. Sin embargo, la isla también tiene amenazas naturales como es el embate de los huracanes. Históricamente, en la isla hay un huracán de fuerte magnitud cada década (Martínez-Morales 1996). En 1988 se presentó el huracán Gilberto y en 1995 el Roxana. Recientemente se presentaron dos; Emily, el 17 de julio 2005 y, tres meses después, del 21 al 24 de octubre, el huracán Wilma (ambos categoría 4 en la escala Shaffir-Simpson). Los dos huracanes causaron daños evidentes en la estructura de la selva. Emily principalmente en el sur de la isla y Wilma en toda la isla (Obs. Pers.).

Cuarón *et al.* (2004) consideran como un problema potencial la sobreexplotación del manto acuífero. Esto debido al aumento en la demanda de agua por crecimiento de la infraestructura turística y de la población en general.

Otro problema considerado como amenaza para la conservación de la biota es la percepción que la sociedad tiene hacia los recursos naturales terrestres de la isla. Poca gente conoce y valora la riqueza biológica existente en la isla y su importancia (Navarro 2005). Esto ocasiona que no se valore y, por lo tanto, se deprede con poca o nula protección.

## 5 MÉTODOS

---

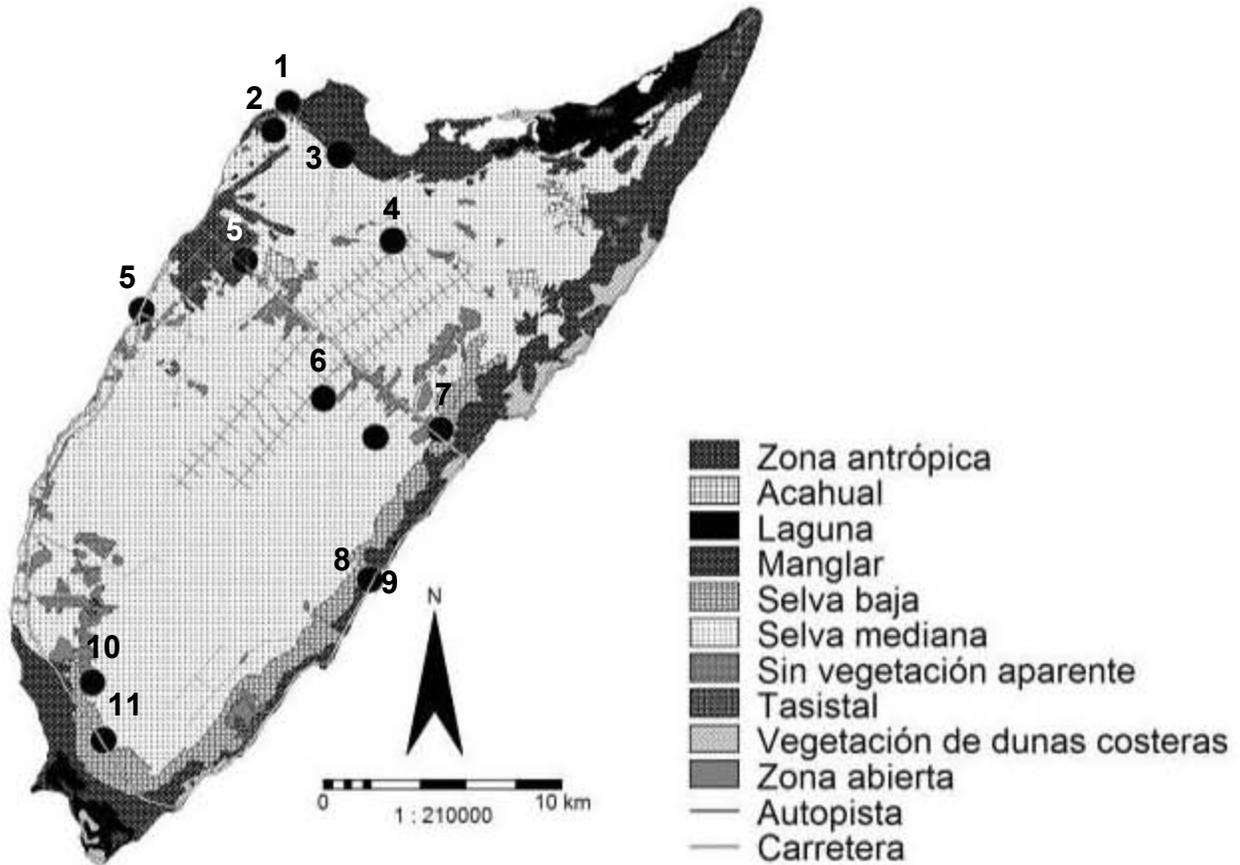
### 5.1 RECOLECCIÓN DE DATOS Y DISEÑO

Este trabajo es parte de un proyecto de investigación más amplio que incluye distintos estudios sobre la ecología y el manejo de la biota de Cozumel. De modo que realicé la recolección de datos con el apoyo de un equipo de trabajo que de manera conjunta trabajamos en el área.

De julio 2001 a marzo 2003, realicé muestreos de boas, otros reptiles, anfibios, aves y mamíferos no voladores en 11 sitios distintos de la isla (Figura 3, Cuadro 4) usando diferentes técnicas complementarias.

Los sitios muestreados estaban ubicados en distintas zonas de la isla para obtener muestras representativas de la heterogeneidad del hábitat, además de conseguir independencia espacial (Figura 3). Los sitios se ubican en los cinco distintos tipos de vegetación de la isla (manglar, vegetación de dunas costeras, selva mediana, selva baja y tasistal). Cada tipo de vegetación se muestreo en diferente medida, esto es reflejo de la disponibilidad de cada tipo de vegetación en la isla (Cuadro 4 y 6).

Para determinar el tipo de vegetación dominante en el campo consideré la descripción de Tellez *et al.* (1994), basado en la altura del dosel y especies de plantas dominantes de los sitios muestreados. Debido a que el tasistal, y la vegetación de dunas costeras son áreas pequeñas, poco representadas (Romero-Najera 2004) y que además, tienen características similares, los consideré como un solo tipo de vegetación.



**Figura 3.** Mapa de Cozumel donde se muestran los tipos de vegetación presentes (modificado de Romero – Nájera 2004) y la ubicación de los sitios muestreados (1. Manglar, 2. Country Club, 3. Potabilizadora, 4. Santa Rita, 5. Carretera periférica (inicio y final), 6. CAPA, 7. Mezcalitos, 8. Coconuts, 9. Playa, 10. El Cedral, 11. La Ceiba).

**Cuadro 4.** Ubicación y características de los sitios muestreados.

Sitio	Coordenadas UTM <sup>a</sup>		Ubicación en la isla	Vegetación dominante	Métodos utilizados <sup>b</sup>
	E	N			
Manglar	508974	2272716	Noroeste	Manglar	TL, PBI, Tlag, TS
Country Club	508361	2271599	Noroeste	Manglar	TS
Potabilizadora	510128	2266752	Centro-norte	Selva mediana	TL, PBI, Tlag, TS
Santa Rita	513346	2267028	Centro-norte	Selva mediana	TL, PBI, Tlag, TS
Carretera periférica			Rodea la porción sur y central de la isla, inicia y termina en la zona urbana	Todos los tipos	TC
CAPA	510454	2260492	Centro-Sur	Selva mediana	TL, PBI, Tlag, TS
Mezcalitos	515343	2259185	Centro-Este	Selva baja	TL, PBI, Tlag, TS
Coconuts	512398	2252964	Sureste	Selva baja	TL, PBI, Tlag, TS
Playa	512611	2258871	Sureste	Dunas costeras y tasistal	TL, PBI, Tlag
El Cedral	500782	2248717	Sur	Selva mediana	TL, PBI, Tlag
La Ceiba	501236	2246305	Sur	Selva baja	TL, PBI, Tlag

a. Proyección: Unidad Transversa de Mercator; Datum horizontal: Norteamericano de 1927

b. TL= trayecto lineal; PBI= parcelas de búsqueda intensiva; Tlag= Trayectos para lagartijas; TS= líneas de trampas Sherman; TC: trayecto en carretera.

## 5.2 ESPECIES CONSIDERADAS COMO PRESAS DE BOA *CONSTRUCTOR* EN EL ESTUDIO

Para definir a una especie como presa potencial de *B. constrictor* consideré su tamaño y hábitos, además de información bibliográfica y anecdótica sobre la dieta de las boas (e.g., Tschambers 1949, Janzen 1970, Thomas 1974, Chapman 1986, Boback *et al.* 2000, Sironi *et al.* 2000, Quick *et al.* 2005; Cuadro 5). En algunos de estos trabajos se menciona una amplia variedad de presas de *B. constrictor*, sin embargo un tipo de presas que se reporta comúnmente son los roedores, por lo que deben formar parte importante de la dieta de esta serpiente. En este estudio consideré como presas potenciales de *B. constrictor* a todos los anfibios, así como algunos reptiles, aves y mamíferos.

**Cuadro 5.** Animales considerados como presas potenciales de *Boa constrictor* en este estudio.

Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
Todos los anfibios.	Los pertenecientes a las familias Gekkonidae, Corytophanidae, Iguanidae, Phrynosomatidae, Polychrotidae, Scincidae, Teiidae.	<i>Crax rubra griscomii</i>  <i>Melanoptila glabrirostris cozumelana</i>  <i>Gallus sp</i>	Todos los mamíferos no voladores

Se han reportado distintas especies de aves como presas de *B. constrictor* (Boback 2000, Chiaraviglio *et al.* 2000, Quick *et al.* 2005). Sin embargo, las únicas especies que consideré fueron el pájaro maullador negro (*Melanoptila glabrirostris cozumelana*), el hocofaisan de Cozumel (*Crax rubra griscomii*) y las gallinas domésticas (*Gallus sp.*).

Consideré a *M. glabrirostris cozumelana* como equivalente ecológico de los roedores, dado que es un ave pequeña que anida y forrajea en el suelo (Mathews *et al.* 2000) y fue capturada en varias ocasiones con las trampas usadas para capturar roedores durante este estudio. *Crax rubra griscomii*, por la posibilidad de ser muestreado durante trayectos lineares (Martínez –Morales 1996). Además, existe información anecdótica de que el hocofaisan, igual que las gallinas, son presa de las boas.

### 5.3 MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE BOAS

Obtuve las boas utilizando métodos específicos para su captura, así como durante avistamientos ocasionales o a través de donaciones de locales o del Departamento de Bomberos Municipal. Al capturarlas se registró la fecha y hora exacta, la ubicación, el tipo de vegetación, la dirección en la que se dirigía. Para probar la hipótesis relacionada con el tamaño de las boas cada individuo se pesó, se midió la longitud hocico-cloaca (LHC), la longitud relativa de la cola (longitud de la cola /longitud hocico cloaca \*100), longitud de la mandíbula (la distancia de

la punta del hocico a la porción posterior de la articulación de la mandíbula; Miller y Mushinsky 1990), ancho de la mandíbula (la distancia transversal de la articulación de la mandíbula), circunferencia del cuello y circunferencia de la mitad del cuerpo. Realicé las medidas con una cinta métrica de 1500 mm (de “costurera”) y un vernier de metal. En individuos muertos no siempre fue posible tomar todas las medidas debido al mal estado del cuerpo.

Cuando fue posible determiné el sexo basado el tamaño de los espolones, en los adultos (en los machos son evidentemente más grandes que en las hembras; Lee 2000) y en la eversión de los hemipenes en los neonatos (de Vosjoli *et al.* 1998). Para su identificación individual tomé fotografías del patrón de manchas de la región ventral en la cola y de la parte dorsal de la cabeza.

### **5.3.1 Análisis de dieta**

Realicé disecciones de los individuos encontrados muertos para obtener muestras del contenido del estomago e intestinos. En ningún caso sacrificué individuos vivos para extraer el contenido del tracto digestivo, el único registro de alimentación en una boa viva fue el de un individuo que regurgitó a su presa. Basado en los restos (pelos, plumas, escamas, huesos y dientes) identifiqué las especies consumidas, su tamaño, masa y su frecuencia de aparición en la dieta de la boa.

Realicé observaciones de los cuerpos grasos en las boas muertas asignando cada individuo a una de tres categorías (contenido nulo, moderado y alto). Ello debido a que puede ser un indicador del estado reproductivo en reptiles, que a su vez influye en la cantidad de alimento que consumen (*e.g.*, Bonnet *et al.* 1999, Ramírez-Bautista y Gutiérrez-Mayen 2003).

## **5.4 MÉTODOS PARA CAPTURA DE INDIVIDUOS Y ANÁLISIS DE ABUNDANCIA**

Para capturar boas y para probar que la diversidad y abundancia de presas es diferente en cada tipo de vegetación utilicé distintos métodos de muestreo

(trayecto en carretera, trayecto en línea, trayecto para lagartijas, parcelas de búsqueda intensiva, líneas de trampas para roedores marca Sherman), descritos a continuación.

**Cuadro 6.** Técnica de muestreo y el esfuerzo aplicado en cada tipo de vegetación.

<b>Método</b>	<b>Unidad de muestreo</b>	<b>Selva mediana</b>	<b>Selva baja</b>	<b>Manglar y dunas costera</b>	<b>Total</b>
Trayecto en carretera	km	783	454	818	2054
Trayecto en línea	km	105.3	13.3	19.8	138.3
Parcelas de búsqueda intensiva	m <sup>2</sup>	3875	3750	750	8375
Trayectos para lagartijas	m	5100	2600	1900	9600
Líneas de trampas Sherman	Trampas/ Noche	450	600	450	1500

#### **5.4.1 Boas y otros vertebrados nocturnos**

Trayecto en carretera. Fueron recorridos en la carretera para registrar vertebrados de hábitos crepusculares o nocturnos, principalmente boas, utilizando la carretera perimetral, que rodea la porción sur de Cozumel. La carretera inicia y termina en San Miguel de Cozumel, cruza transversalmente la isla por el centro y bordea las costas sureste y suroeste. Ésta carretera tiene una longitud de 56 km, los cuales dividí en cinco tramos, de longitud similar, con distintas características de ubicación, ancho y tipo de vegetación dominante. De modo que a lo largo de la carretera estuvieran representados los principales tipos de vegetación dominantes de la isla (selva mediana, selva baja y vegetación de dunas costeras; Cuadro 6).

Lo recorridos se realizaron durante el crepúsculo y la noche en automóvil, a una velocidad aproximada de 40 km/hr. Al inicio y final de cada tramo registré las condiciones climáticas, la distancia recorrida, la hora de salida de la luna y la fase lunar. Al momento de la observación de un animal registré la especie, la ubicación georeferenciada, la hora, la vegetación del sitio y la dirección del traslado (en el caso de individuos vivos).

De este modo recorrí 2054 km, a partir de julio 2001 hasta diciembre 2002 (Cuadro 6). Las boas fueron capturadas con la mano y, una vez procesadas, se liberaron en el lugar donde fueron encontradas.

#### **5.4.2 Presas grandes**

Trayecto en línea. Enfocado a la observación de grandes vertebrados (>200 gr), diurnos. Los trayectos tenían distintas longitudes y estaban ubicados en nueve de los 11 sitios descritos. Se siguió el método de trayecto en línea propuesto por Buckland *et al.* (1993), iniciando minutos después del amanecer (entre las 5:30 y 6:30 hrs) y caminando a una velocidad promedio de 1.5 km/h. Al inicio y final del recorrido se registró el sitio, la vegetación dominante, las condiciones climáticas, la hora de salida del sol, la hora de inicio, la distancia recorrida y la hora final. Al observar un individuo, o grupo, se registró la especie, la hora de observación, la ubicación de la observación (coordenadas geográficas y/o distancia recorrida en el sendero), el tipo de vegetación, la altura y estrato en donde estaba el animal y la actividad del individuo al momento de la observación. En caso de ser una especie gregaria se registró además el número de individuos, el radio de dispersión del grupo, la composición de sexos y las clases de edades en el grupo. Para valores de densidad se registró la distancia perpendicular del animal al sendero, la distancia entre el observador y el animal y el ángulo de observación respecto al sendero. Los valores obtenidos con este método pueden ser indicadores de abundancia (observaciones/km) o valores de densidad (observaciones/km<sup>2</sup>).

En total se cubrieron 138.3 km en distintos tipos de vegetación (Cuadro 6) en el periodo entre octubre de 2002 y marzo de 2003. Para conseguir independencia temporal entre los recorridos en una ruta se dejaba pasar al menos un mes entre cada muestreo.

#### **5.4.3 Lagartijas.**

Trayecto en línea para lagartijas. Se utilizó también el método de trayecto en línea para observar lagartijas. Por las condiciones de los caminos, las especies que más se observaron son las que utilizan lugares abiertos y asoleados.

El método y los datos registrados son los mismos que para observar grandes vertebrados. Sin embargo, para observar lagartijas se redujeron la longitud del tramo (a 100 m) y la velocidad de recorrido (a 0.8 km/hr aproximadamente). La ubicación de estos trayectos se eligió al azar a lo largo de los senderos usados para observar presas grandes. En total se recorrieron 9600 m de octubre de 2002 a marzo de 2003 (Cuadro 6).

#### **5.4.4 Anfibios y pequeños reptiles**

Parcelas de búsqueda intensiva. Doan (2003), demostró la eficiencia de este método para localizar anfibios y reptiles en estudios similares a éste. Se marcaron parcelas de 5 x 25 m en sitios ubicados al azar a un costado de los senderos usados para trayecto en línea (Cuadro 6). Las búsquedas se realizaron entre las 9:00 y las 11:00 hrs. Un miembro del equipo recorrió lentamente el área, durante aproximadamente 10 minutos, buscando de manera intensiva en el suelo, debajo de piedras, troncos y hojarasca y en copas de árboles. Se abarcaron 8375 m<sup>2</sup> de octubre de 2002 a marzo de 2003 (Cuadro 6).

Los datos registrados fueron el horario de la búsqueda, el tipo de vegetación, altura aproximada del dosel y algunas condiciones climáticas (temperatura, nubosidad y humedad). Al observar un individuo se registró la especie, número de individuos, estrato y altura donde se encontraba y actividad al ser observado. Con este método obtuve valores de densidad (individuos/km<sup>2</sup>).

#### **5.4.5 Roedores**

Líneas de trampas marca Sherman, para roedores. Se colocaron 25 trampas Sherman, separadas entre si por 12.5 m, a lo largo de un trayecto de 300 m, en siete de los sitios descritos. Las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena, vainilla y crema de cacahuete. Cada periodo de muestreo consistió de tres noches continuas, de manera simultánea, en todos los sitios. Las trampas se revisaron en las primeras horas de la mañana (Cuadro 6).

Al capturar un roedor se registró el número de trampa en que fue capturado, la especie, edad, condición reproductiva, peso, longitud de cola, de

oreja, de la pata trasera y del cuerpo y el tipo de vegetación dominante en el sitio. En el caso de las aves obtuve el peso, longitud total y longitud del tarso derecho.

De este modo, obtuve índices de abundancia por medio de la cantidad de individuos capturados/trampas-noche (número de trampas utilizadas por noche).

## 5.5 SELECCIÓN DE PRESAS

Existen distintos métodos para evaluar el uso de los recursos (e.g. Neu, *et al.* 1974, Richards y DeRoos 2000). La dificultad al seleccionar un método reside en la forma en que consideran la disponibilidad de los recursos (Seth *et al.* 1998). Así, para comparar los valores de disponibilidad de presas con los de su uso y determinar la estrategia de forrajeo de las boas, utilicé el método propuesto por Johnson (1980). Este es un método multivariado con el que se analiza la preferencia por un recurso al considerar las jerarquías en los valores de uso de los recursos. Este método compara los valores de disponibilidad y de uso en jerarquías, lo que hizo posible comparar las abundancias de las presas a pesar de haber sido obtenidas con diferentes métodos de muestreo. Para realizar este análisis utilicé el programa PREFER.

Para obtener tamaños suficientes de muestra agrupé a las especies de presas de acuerdo al método de muestreo utilizado y a su tamaño corporal: con las parcelas obtuve valores de densidad de reptiles pequeños; con los trayectos lineares obtuve datos para vertebrados grandes; y con las trampas Sherman obtuve valores para ratones. Debido a que las boas consumen sus presas enteras y, en la mayoría de los casos, encontré solo una presa en el tracto digestivo, consideré la disponibilidad de presas como individuos por área y no como biomasa, es decir, lo que evalué fue la probabilidad de encontrar un individuo y capturarlo.

En el método propuesto por Johnson (1980) es necesario incluir valores de la disponibilidad a la que cada individuo tiene acceso. Para ello, utilicé los valores de abundancia y los estratifique en los distintos tipos de vegetación, suponiendo que la disponibilidad era semejante en cada tipo de vegetación (*i.e.*, que todos los sitios muestreados de, por ejemplo, selva mediana subcaducifolia tienen la misma

disponibilidad de recursos, pero distinta al resto). Otro supuesto fue que las serpientes habían consumido el alimento identificado en el tipo de vegetación donde fueron encontradas.

## **5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

La unidad de variabilidad que utilicé es el error estándar. En los casos donde los datos presentaron una distribución normal apliqué pruebas paramétricas, y no paramétricas cuando sucedió lo contrario. En cada análisis menciono la prueba estadística utilizada. Para los valores de probabilidad consideré valores dados para pruebas de dos colas, ya que no esperaba un resultado determinado. El nivel para definir significancia estadística fue de  $P < 0.05$ . Para realizar algunas pruebas utilicé los paquetes estadísticos SPSS para Windows, versión 11.0.0 y NCSS 2000 y PASS 2000.

## 6 RESULTADOS

Capturé un total de 75 boas (27 hembras, 24 machos y 24 de sexo no identificado; NI). No encontré diferencias significativas al comparar la proporción de sexos observada con una proporción 1:1 ( $G= 0.18$ ;  $P= 0.67$ ). De las 75 boas registradas, 59% estaban muertas (9♀, 14♂ y 21 NI) y 41% vivas (15♀, 8♂ y 8 NI).

### 6.1 MORFOMETRÍA DE BOAS

De las 75 boas capturadas medí diferentes características morfológicas de 62 individuos (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Valores promedio de diferentes características de las boas en Cozumel

• Característica <sup>a</sup>	• Valor ±error standard	• Intervalo	• n
• Peso (g)	• 784 ±16	• 50 – 4000	• 31
• LHC (mm)	• 1012.1 ±43	• 380 – 2200	• 62
• LC (mm)	• 128 ±71	• 10 - 243	• 54
• LM (mm)	• 45.9 ±2.4	• 25 - 82	• 30
• AM (mm)	• 30.6 ±1.8	• 16 - 62	• 30
• CC (mm)	• 61.1 ±42	• 18 - 98	• 20
• CMC (mm)	• 110.5 ±8.7	• 13 - 192	• 22

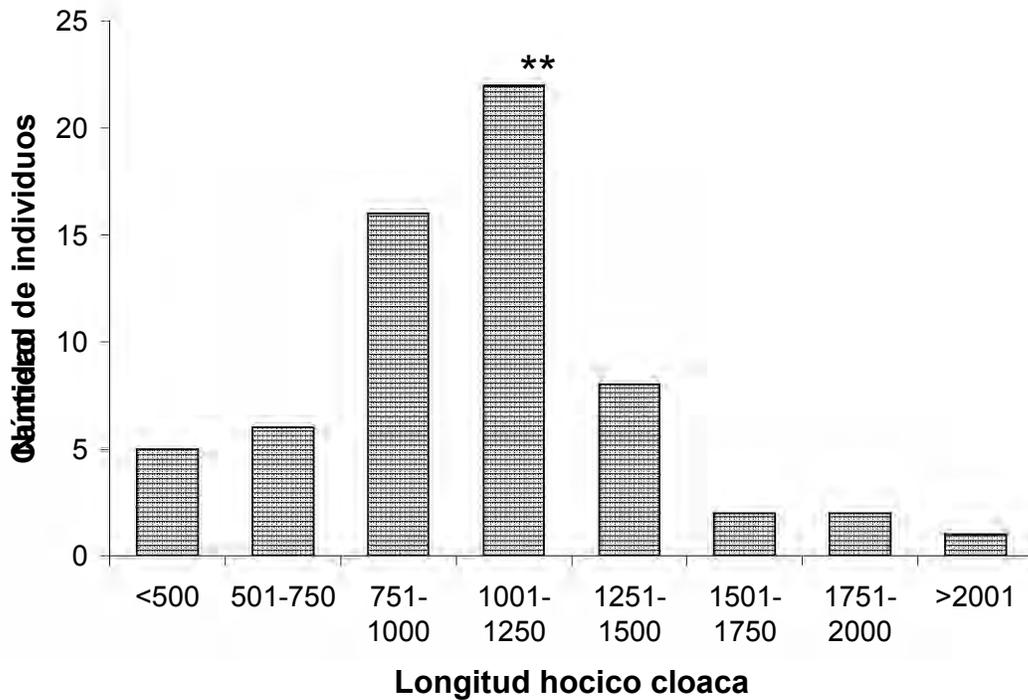
a. LHC, longitud hocico cloaca; LC, longitud de cola; LRC, longitud relativa de la cola (*i.e.* LC/LHC x 100); LM, longitud de mandíbula; AM, ancho de mandíbula; CC, circunferencia del cuello; CMC, circunferencia en la mitad del cuerpo.

#### 6.1.1 Clases de tamaño

Fue posible medir la longitud hocico cloaca (LHC) en 62 de las 75 boas registradas. La longitud promedio fue 1012.13 ±43.2 mm (intervalo: 380 -2200). La LHC de la mayoría de los individuos osciló entre los 1000 y 1250 mm (Figura 4). Esta diferencia en las proporciones en las clases de tamaño resultó significativa al

compararlos con la frecuencia que se esperaría de haber una distribución de tamaños homogénea ( $G = 47.2$ ;  $g.l. = 7$ ,  $P < 0.001$ ).

Al considerar la distribución de los tamaños a lo largo del año, durante agosto se observa la mayor cantidad de boas y con mayor diversidad de tamaños, que fue además, el único mes en que capturé boas pequeñas (<500 mm; Cuadro 8).



**Figura 4.** Distribución de individuos de *Boa constrictor* por clases de tamaño (LHC) ( $G = 47.2$ ;  $g.l. = 7$ ;  $P < 0.001$ ).

**Cuadro 8.** Individuos de *Boa constrictor* divididos en clases de tamaño (LHC), capturados por mes.

Clase de tamaño (mm)	Mes									Total
	Feb	Mar	Abr	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<500	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5
501-750	-	2	2	1	1	-	-	-	-	6
751-1000	1	1	2	9	-	-	1	2	16	
1001-1250	2	2	1	5	5	-	2	3	22	
1251-1500	2	1	1	1	2	-	1	-	8	
1551-1750	-	-	-	2	-	-	-	-	2	
1751-2000	-	-	-	1	1	-	-	-	2	
>2001	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>62</b>

### 6.1.2 Dimorfismo sexual

Al comparar los promedios de las medidas morfológicas entre machos y hembras, encontré una tendencia a que las hembras sean más largas y pesadas. Sin embargo, sólo hubo diferencias estadísticas significativas para la longitud de la cola (LC) y la longitud relativa de la cola (LRC), que son mayores en los machos que en las hembras (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Comparación de medidas morfológicas entre boas machos y hembras.

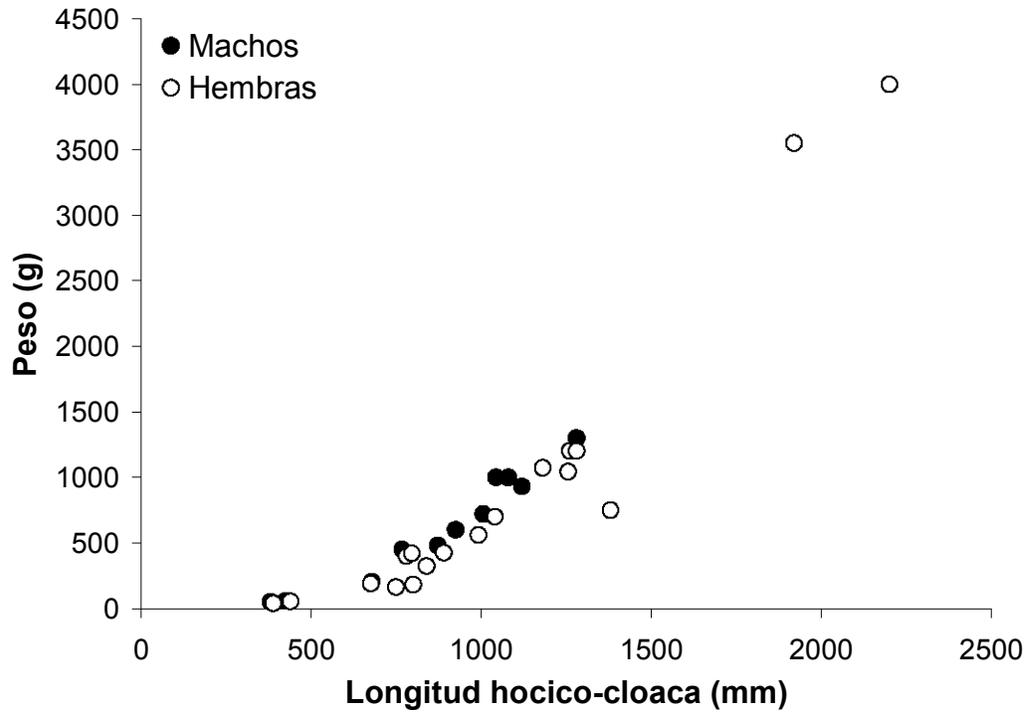
Característica	Promedio $\pm$ ES	Intervalo	Prueba <sup>b</sup>	P
LHC (mm)	♂ 991.6 $\pm$ 58.2 ♀ 1018.3 $\pm$ 75	380 – 1512 388 – 2200	$U = 355.5$	0.55
Peso (g)	♂ 617.3 $\pm$ 125.1 ♀ 923.5 $\pm$ 259.5	50 – 1300 52 – 4000	$U = 102$	0.89
LC (mm)**	♂ 150.5 $\pm$ 10 ♀ 114 $\pm$ 8.8	59 – 243 54 – 228	$U = 422$	0.01
LRC (%)***	♂ 15.4 $\pm$ 0.4 ♀ 11.3 $\pm$ 0.3	11.2 – 19.2 7.86 – 15.08	$t = -8.03$	< 0.001
LM (mm)	♂ 42.3 $\pm$ 2.4 ♀ 49.9 $\pm$ 3.9	27 – 53 25 – 82	$U = 120$	0.26
AM (mm)	♂ 28.8 $\pm$ 2.1 ♀ 32.7 $\pm$ 2.9	16 – 39 16 – 62	$t = 1.195$	0.24
CC (mm)	♂ 57.6 $\pm$ 2.3 ♀ 63.0 $\pm$ 6.1	50 – 69 18 – 98	$U = 145$	0.49
CMC (mm)	♂ 104.4 $\pm$ 9.5 ♀ 115.7 $\pm$ 14	40 – 140 13 – 192	$t = 0.63$	0.53

**a.** LHC: longitud hocico cloaca; LC: longitud de cola; LRC: longitud relativa de la cola (i.e. LC/LHC x 100); LM: longitud de mandíbula; AM: ancho de mandíbula; CC: circunferencia del cuello; CMC: circunferencia en la mitad del cuerpo.

**b.** La prueba utilizada dependió de la distribución de los datos (prueba de  $t$  para muestras independientes para casos con distribución normal o  $U$  de Mann-Whitney, de no ser así).

**Peso.** En ambos sexos se observó una relación positiva entre la LHC y el peso (hembras:  $n = 18$ ;  $r = 0.94$ ;  $P = <0.001$  y machos:  $n = 11$ ;  $r = 0.97$ ;  $P = <0.001$ ). Al comparar las pendientes encontré que las hembras fueron significativamente más pesadas que los machos de la misma longitud (análisis de covarianza de un factor,

sexo como factor, LHC como covariante y el peso como variable dependiente,  $F_{1,25} = 4.393$ ;  $P < 0.001$ ; Figura 5).

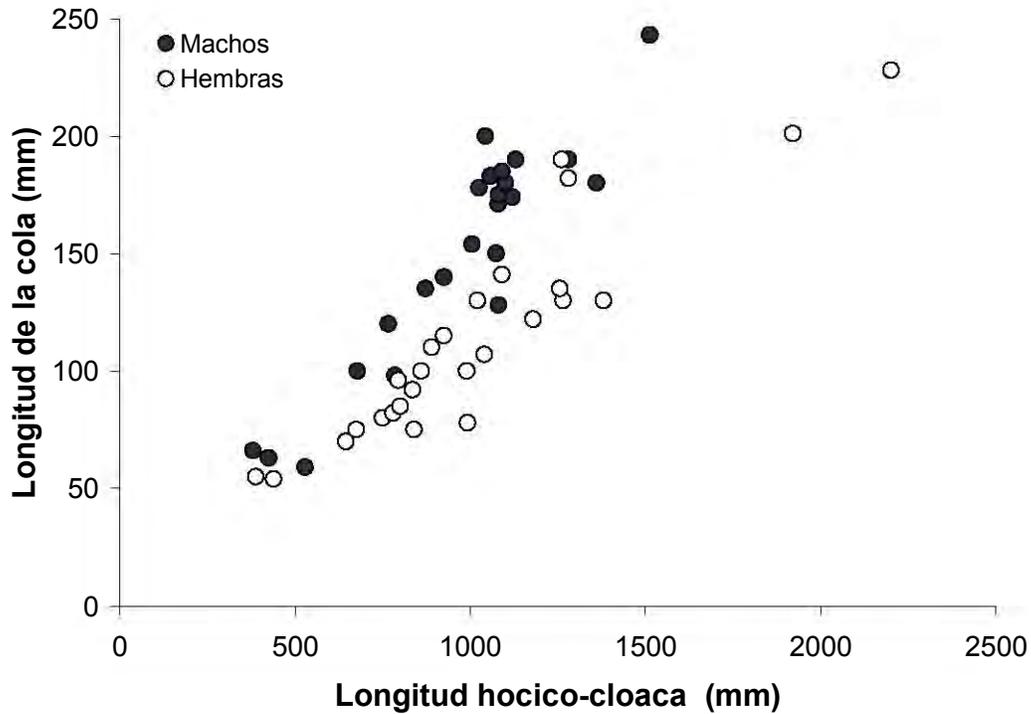


**Figura 5.** Relación entre la longitud hocico-cloaca y el peso en hembras y machos de *Boa constrictor*.

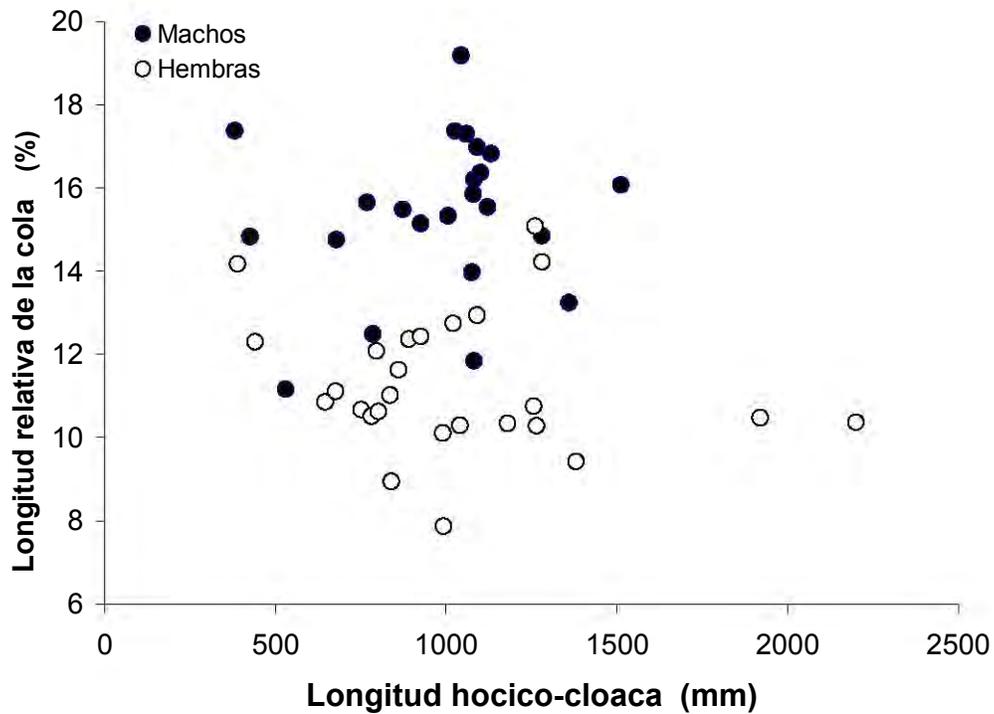
**Longitud de la cola.** Encontré que los machos tienen en promedio la cola significativamente más larga que las hembras (Cuadro 9). En ambos sexos existió una relación positiva entre la longitud hocico-cloaca y el tamaño de la cola (hembras:  $n = 26$ ;  $r = 0.92$ ;  $P = < 0.001$  y machos:  $n = 23$ ;  $r = 0.93$ ;  $P = < 0.001$ ). Al comparar las pendientes los machos tuvieron la cola significativamente más larga que las hembras del mismo tamaño (Análisis de covarianza de un factor, con el sexo como factor, LHC como covariante y la LC como variable dependiente,  $F_{1,45} = 11.621$ ;  $P = 0.0014$ ; Figura 6).

**Longitud relativa de la cola.** En los machos la cola midió, en promedio, el  $15.4 \pm 0.4\%$ , respecto al cuerpo, mientras que en las hembras este porcentaje fue menor ( $11.3 \pm 0.3\%$ ; Cuadro 9). No encontré relación alguna entre la longitud relativa de

la cola y la longitud-hocico cloaca en machos ( $n = 23$ ;  $r = 0.152$ ;  $P = 0.49$ ; Figura 7) ni hembras ( $n = 26$ ;  $r = -0.171$ ;  $P = 0.40$ ; Figura 7).



**Figura 6.** Relación entre la longitud hocico-cloaca y la longitud de la cola en hembras y machos de *B. constrictor*.



**Figura 7.** Relación entre la longitud hocico-cloaca y la longitud relativa de la cola en hembras y machos de *B. constrictor*.

## **6.2 DIETA DE BOA CONSTRICTOR**

### **6.2.1 Composición de la dieta**

Identifiqué seis especies de presas en los contenidos del tracto digestivo, la mayoría de tamaño pequeño (<200 g); en dos casos no fue posible la identificación. Las únicas especies que registré más de una vez fueron *O. couesi* y *Gallus sp.* En una boa encontré restos de dos especies. Cuatro de las seis especies identificadas como presa son taxa endémicos para la isla (*Aspidoscelis cozumela*, *Oryzomys couesi cozumelae* *Reithodontomys spectabilis* y *Melanoptila glabrirostris cozumelana*; Cuadros 11 y 12).

**Cuadro 11.** Boas a las que analicé el contenido estomacal; considerado el tipo de vegetación del lugar de captura, el tamaño (longitud hocico-cloaca; LHC) y el sexo del individuo.

Fecha de captura	Tipo de vegetación	LHC	Sexo	Contenido estomacal
09-Abr-02	Selva baja	890	Hembra	Ausente
29-Jul-02	Selva mediana	1020	Hembra	Ave NI <sup>1</sup>
07-Ago-02	Selva baja	860	Hembra	Ausente
14-Ago-02	Selva baja	1090	Hembra	<i>Reithrodontomys spectabilis</i>
15-Ago-02	Selva mediana	835	Hembra	Ausente
21-Ago-02	Desconocido	1260	Hembra	<i>Ctenosaura similis</i>
26-Nov-02	Selva mediana	2200	Hembra	<i>Oryzomys couesi cozumelae</i>
21-Feb-03	Selva mediana	1380	Hembra	<i>Melanoptila glabrirostris cozumelana</i>
10-Mar-03	Selva mediana	645	Hembra	Ausente
20-Jul-02	Selva mediana	1400	Macho	Ausente
30-Jul-02	Selva baja	1130	Macho	Gallina casera <i>Aspidoscelis cozumela</i> <sup>b</sup>
09-Ago-02	Selva baja	872	Macho	Ausente
12-Ago-02	Selva baja	925	Macho	Ausente
13-Ago-02	Selva mediana	1090	Macho	Ausente
14-Ago-02	Selva mediana	1043	Macho	Ausente
15-Ago-02	Selva mediana	1074	Macho	Ausente
16-Ago-02	Selva baja	425	Macho	Ausente
14-Oct-02	Selva mediana	1360	Macho	Ausente
06-Feb-03	Selva mediana	785	Macho	Ausente
21-Feb-03	Tasistal	1025	Macho	<i>Oryzomys couesi cozumelae</i>
8-Mar-03	Selva mediana	1081	Macho	Ausente
10-Mar-03	Selva mediana	529	Macho	Mamífero NI
10-Mar-03	Selva mediana	645	NI	Ausente
20-Jul-02	Selva baja	730	NI	Ausente
20-Jul-02	Selva mediana	1200	NI	Gallina casera

<sup>a</sup> NI: No identificado

<sup>b</sup> La gallina se encontró aún en el estómago, mientras que *A. cozumelae* estaba en el intestino grueso.

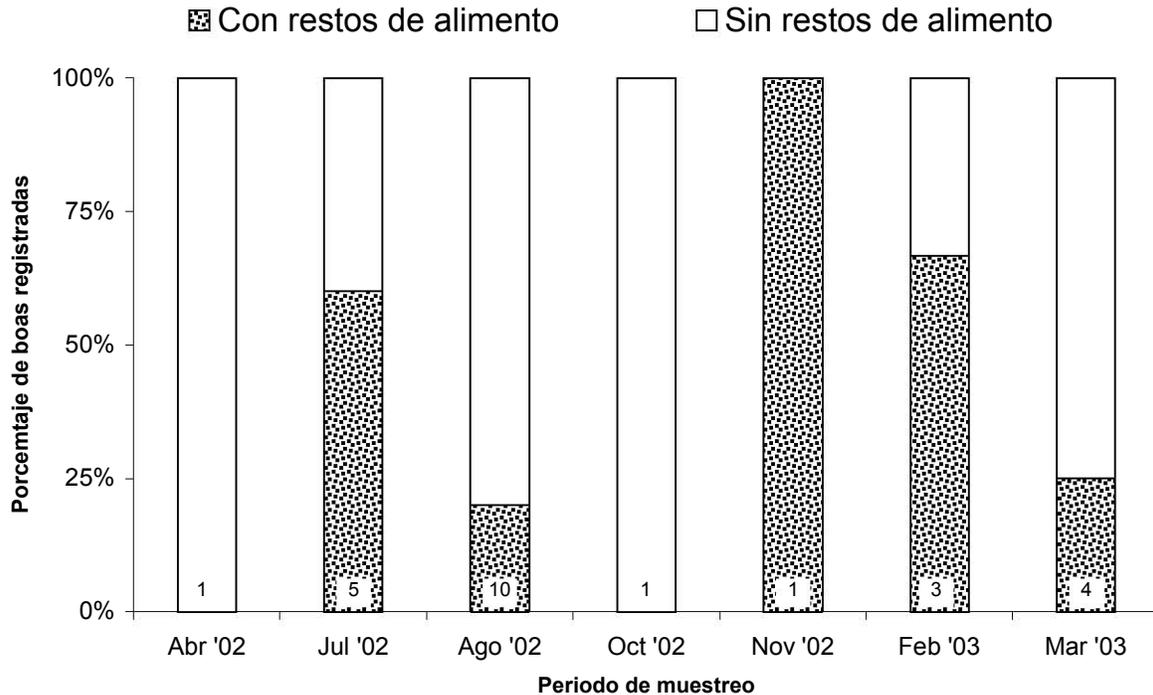
**Cuadro 12.** Presas identificadas en el tracto digestivo de *Boa constrictor* en Cozumel con información de su tamaño, hábitos y valores de ocurrencia. a. Lee 2000; b. Este trabajo; c. Martínez-Morales datos sin publicar

Familia	Especie	Peso (g)	Tamaño del cuerpo	Hábitos	Frecuencia de ocurrencia
IGUANIA					10
	<i>Ctenosaura similis</i>	1800 ±	275 - 350 <sup>a</sup>	De hábitos diurnos. Predominantemente terrestre, pero se le puede encontrar en árboles <sup>a</sup> . En la isla habita en selva mediana y selva baja	
TEIIDAE					10
	<i>Aspidoscelis cozumelae</i>	15 aprox (obs pers)	65 - 70 <sup>a</sup>	Diurna, terrestre. Prefiere sitios abiertos, soleados como playas u orillas de caminos <sup>a</sup> .	
MURIDA					30
	<i>Orizomys couesi cozumelae</i>	46.1 ± 1.9 <sup>b</sup>	111.2 ± 1.5 <sup>b</sup>	Nocturno. Principalmente terrestre, pero puede, a veces, trepar árboles o nadar <sup>c</sup> .	
	<i>Reithrodontomys spectabilis</i>	17.6 ± 1.1 <sup>b</sup>	78.9 ± 2. <sup>b</sup>	Nocturno y semiarboreo <sup>c</sup> .	
MIMIIDA					10
	<i>Melanoptila glabrirostris cozumelana</i>	34.8 ± 0.2	91 ± 0.2 <sup>c</sup>	De hábitos diurnos. Consume semillas e insectos que busca en el suelo.	
PHASIANIDAE					20
	<i>Gallus sp.</i>	> 2000		Asociado a asentamientos humanos.	
No identificado	Mamífero				10
	Ave				10

### 6.2.2 Frecuencia de alimentación

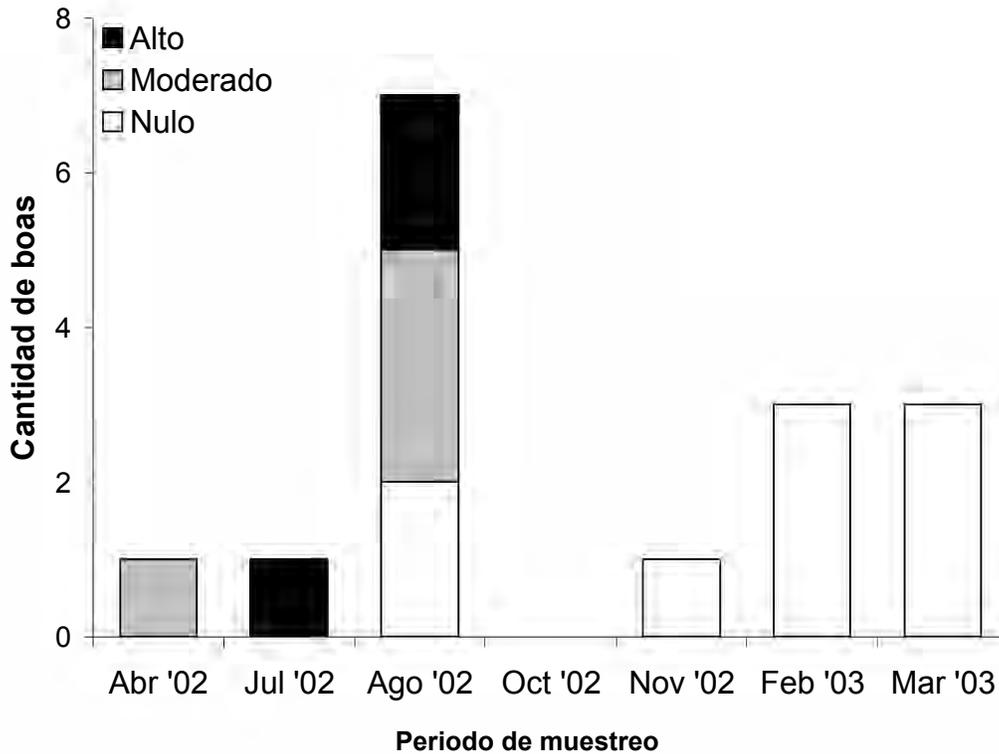
Analicé el contenido del tracto digestivo de 25 boas (24 atropelladas y una viva que regurgitó), de las cuales casi el 40% tenían restos de alimentos. Registré el alimento principalmente al final del tracto digestivo y en menor proporción en el estómago.

**Estacionalidad en la dieta y en la acumulación de cuerpos grasos.** La mayoría de las boas recolectadas con alimento fueron capturadas en julio y agosto de 2002 y febrero de 2003. Sin embargo, estos valores no fueron estadísticamente diferentes del resto de los meses ( $G = 2.77$ ;  $g.l. = 4$ ;  $P = 0.59$ ; Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de boas registradas con y sin restos de alimento durante los distintos periodos de muestreo. El número en la barra indica la cantidad de boas analizadas.

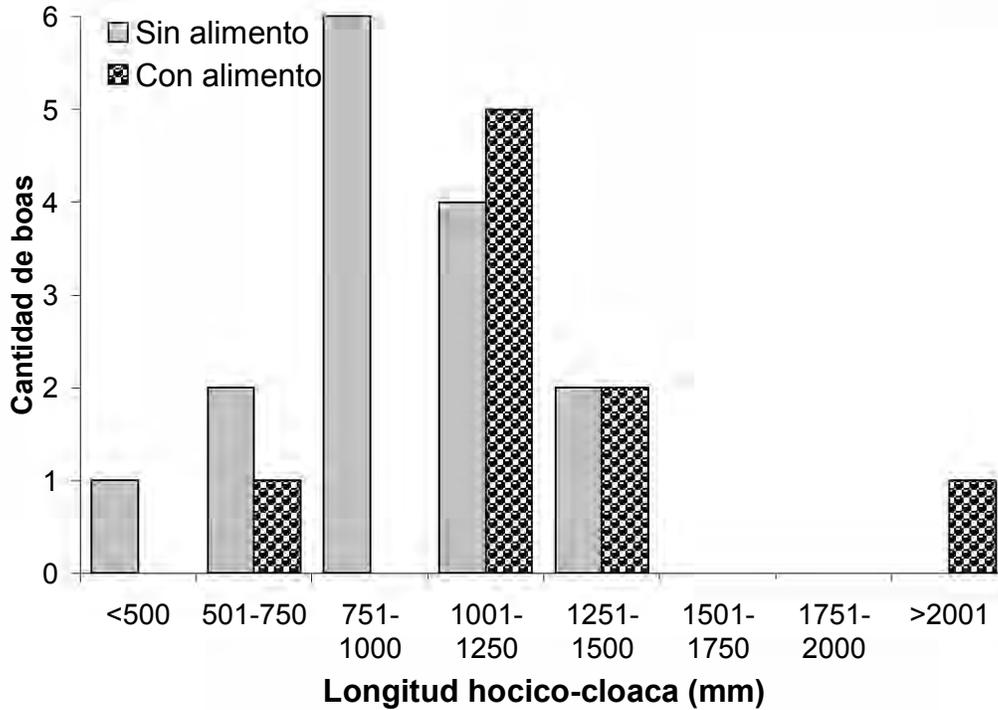
Evalué el contenido de cuerpos grasos en 16 de las 25 boas a las que revisé el contenido del tracto digestivo. Solamente en julio y agosto registré boas con altos contenidos de cuerpos grasos. Por otra parte, en noviembre, febrero y marzo solamente registré boas sin cuerpos grasos (Figura 9).



**Figura 9.** Contenido de cuerpos grasos de las boas evaluadas por mes de muestreo.

**Efecto del tamaño y sexo.** Aproximadamente el 88% de las boas con una LHC mayor que 1 m contenían restos de alimento (Figura 10). Al contrario, en las boas pequeñas (< 1 m), solo el 10% contenían alimento (Figura 10). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas. ( $\chi^2= 30.37$ ; *g.l.* = 5;  $P < 0.001$ ).

Al considerar la frecuencia de alimentación de acuerdo con el sexo encontré que 56% de las hembras y 23% de los machos tenían restos de alimento, siendo esta diferencia significativa ( $\chi^2= 11.05$ ; *g.l.* = 1;  $P = 0.001$ ). Todas las hembras con alimento fueron individuos mayores que 1 m, mientras que en los machos no se observa ninguna relación entre la frecuencia de alimentación y el tamaño (Cuadro 10).



**Figura 10.** Cantidad de boas registradas con y sin restos de alimentos por clase de tamaño.

**Cuadro 10.** Frecuencia de boas con alimento identificado en el tracto digestivo considerando el tamaño y el sexo.

Longitud hocico-cloaca	Hembras		Machos	
	Sin indicios de alimento	Con indicios de alimento	Sin indicios de alimento	Con indicios de alimento
<500	-	-	1	-
501-750	1	-	-	1
751-1000	3	-	3	-
1001-1250	-	2	4	2
1251-1500	-	2	2	-
1501-1750	-	-	-	-
1751-2000	-	-	-	-
>2001	-	1	-	-

### 6.2.3 Variación ontogénica de la composición de la dieta

Las boas registradas consumieron una amplia variedad de masas corporales, independientemente de su tamaño ( $n = 10$ ;  $r = -0.017$ ;  $P = 0.96$ ; Cuadro 11; Figura 11). Un ejemplo fue una boa macho de 1130 de LHC, que contenía restos de una gallina doméstica adulto (>2000 g) y de una lagartija endémica (*Aspidoscelis cozumela*; < 15g) (Cuadro 11; Figura 11).

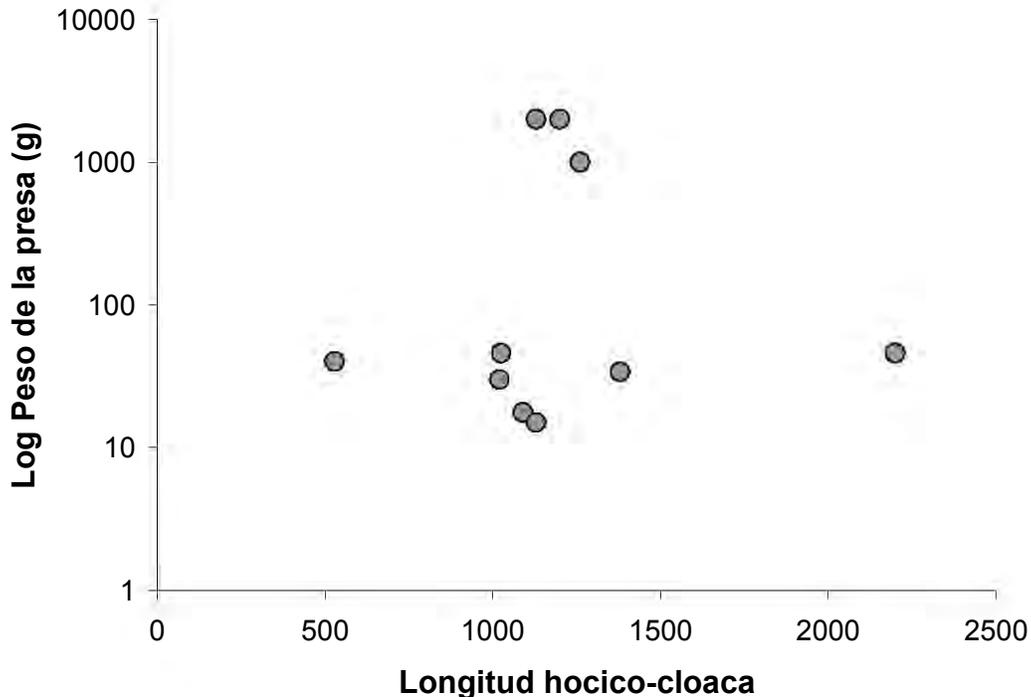


Figura 11. Relación entre el tamaño de las boas y la masa de las presas.

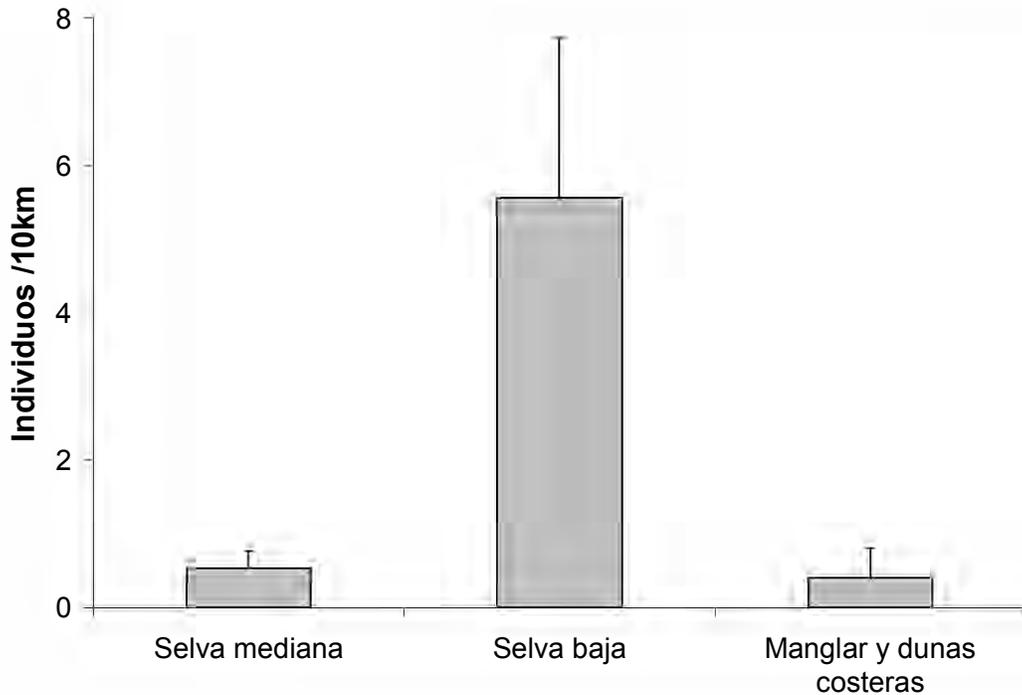
### 6.3 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE PRESAS

Registré un total de 22 especies de especies de presas, sin embargo, para los análisis solo consideré 17 como presas potenciales para las boas (*Bufo marinus*, *Aristelliger georgeensis*, *Basiliscus vittatus*, *Ctenosaura similis*, *Iguana iguana*, *Norops rodriguezii*, *Norops sagrei*, *Mabuya unimarginata*, *Boa constrictor*, *Dryadophis melanolomus*, *Oryzomys couesi cozumelae*, *Reitrodonthomys spectabilis*, *Canis familiaris*, *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni*, *Pecari tajacu nanus*, y *Melanoptila glabrirostris cozumelana*).

### 6.3.1 Presas grandes

Registré ocho especies distintas de presas grandes (>100 g) en 138.3 km, repartidos en 51 muestreos. En selva mediana se registraron *Bufo marinus*, *Dryadophis melanolomus*, *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni*, *Pecari tajacu nanus*; en selva baja, *Iguana iguana*, *Boa constrictor*, *P. pygmaeus*, *P. tajacu nanus*; y, en manglar y dunas costeras solo registramos *Canis familiaris*.

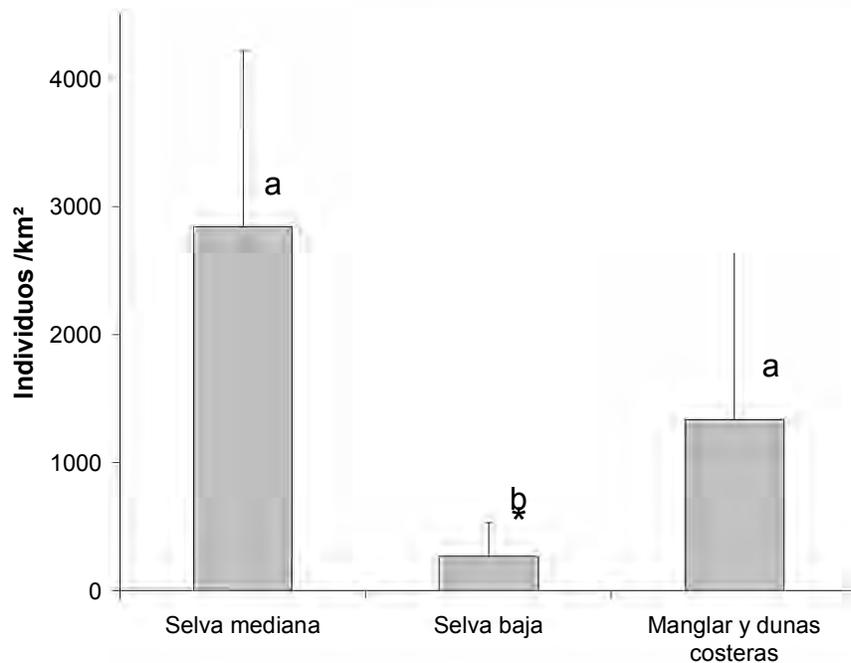
La abundancia total estimada de presas grandes fue de  $1.42 \pm 0.5$  individuos /10 km recorridos. Hubo una mayor abundancia de presas grandes en la selva baja, siendo esta diferencia marginalmente significativa (prueba Kruskal-Wallis, con corrección para datos pareados,  $H = 5.72$ ,  $P = 0.06$ ; Figura 12). El grupo marginalmente distinto del resto fue la selva baja (prueba de comparación múltiple Kruskal – Wallis,  $Z = 2.2$ ).



**Figura 12.** Abundancia de presas grandes (individuos /10 km), obtenida con el método de trayecto en línea, en cada tipo de vegetación. No encontré diferencias estadísticas al comparar los valores. Las líneas verticales representan el error estándar.

### 6.3.2 Anfibios y reptiles

Se realizaron búsquedas intensivas en 67 parcelas, lo que equivale a 8375 m<sup>2</sup>, registrando cinco especies. En selva mediana registramos *Mabuya unimarginata*, *Norops rodrigueziii* y *N. sagrei*; en selva baja, *Ctenosaura similis*; y, en manglar y dunas costeras observamos *Basiliscus vittatus*. La densidad de anfibios y reptiles estimada fue de 1552.24 ±664.16 individuos /km<sup>2</sup>. Hubo diferencias significativas entre al menos dos grupos (prueba Kruskal-Wallis con corrección para datos pareados,  $H = 6.04$ ;  $P = 0.04$ ). La densidad en la selva baja fue significativamente menor que en los otros tipos de vegetación (Prueba Kruskal-Wallis de comparación múltiple;  $Z = 2.46$ ,  $P < 0.05$ ; Figura 13).

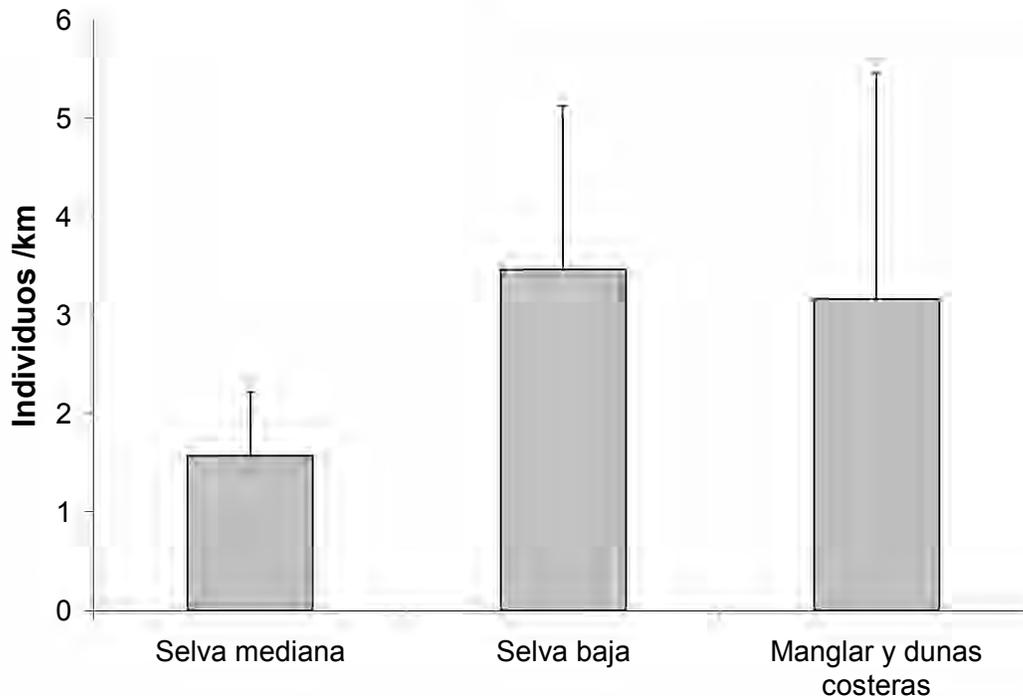


**Figura 13.** Abundancia de anfibios y pequeños reptiles (individuos /km<sup>2</sup>) en cada tipo de vegetación, estimada mediante la búsqueda intensiva en parcelas (125 m<sup>2</sup>). Las líneas verticales representan el error estándar. Las barras que comparten letra no son diferentes estadísticamente.

### 6.3.3 Lagartijas

Se recorrió un total de 9.6 km, en 96 tramos de muestreo de 100 m y registramos 23 individuos de cuatro diferentes especies (*Aristelliger georgeensis*, *Mabuya unimarginata*, *Norops rodriguezii* y *Norops sagrei*). En la selva baja se registraron las cuatro especies mencionadas, mientras que en selva mediana y manglar y dunas costeras únicamente individuos del género *Norops*.

La abundancia de lagartijas fue de  $2.4 \pm 0.7$  individuos/ km recorrido. Al comparar la abundancia de presas en los diferentes tipos de vegetación no encontré diferencias significativas ( $H=1.79$ ;  $P=0.40$ ; Figura 14).

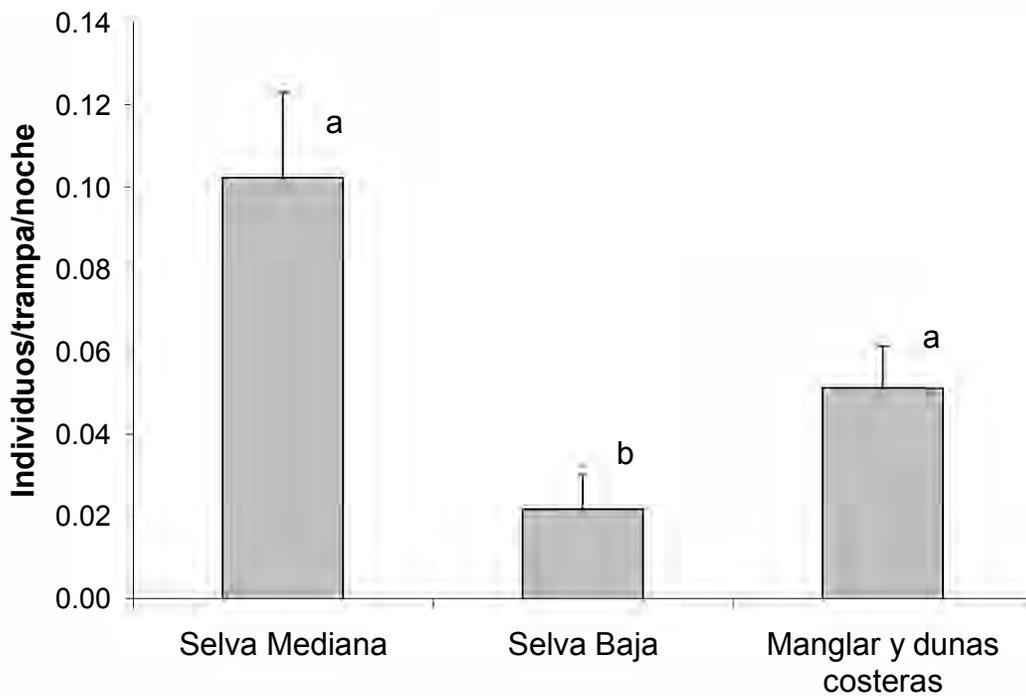


**Figura 14.** Abundancia de lagartijas (individuos /km), calculada al recorrer trayectos de 100 m de longitud. No hubo diferencias estadísticas al comparara los valores. Las líneas verticales representan el error estándar.

### 6.3.4 Roedores

Se capturaron 82 individuos de roedores de dos especies: 18 *Reithrodontomys spectabilis* y 64 *Oryzomys couesi cozumelae*. En selva mediana y manglar se registraron las dos especies, mientras que en la selva baja únicamente *O. couesi cozumelae*.

El éxito de captura total fue 0.05 individuos por trampas/noche. Al comparar la abundancia entre distintos tipos de vegetación al menos dos grupos fueron distintos estadísticamente (Kruskal-Wallis,  $H = 15.93$   $P = <0.001$ ; Figura 15). La abundancia de roedores en los sitios de selva baja fue menor que en el resto de los tipos de vegetación (Prueba Kruskal-Wallis de comparación múltiple;  $Z = 4.1$ ,  $P = <0.05$ ; Figura 15).

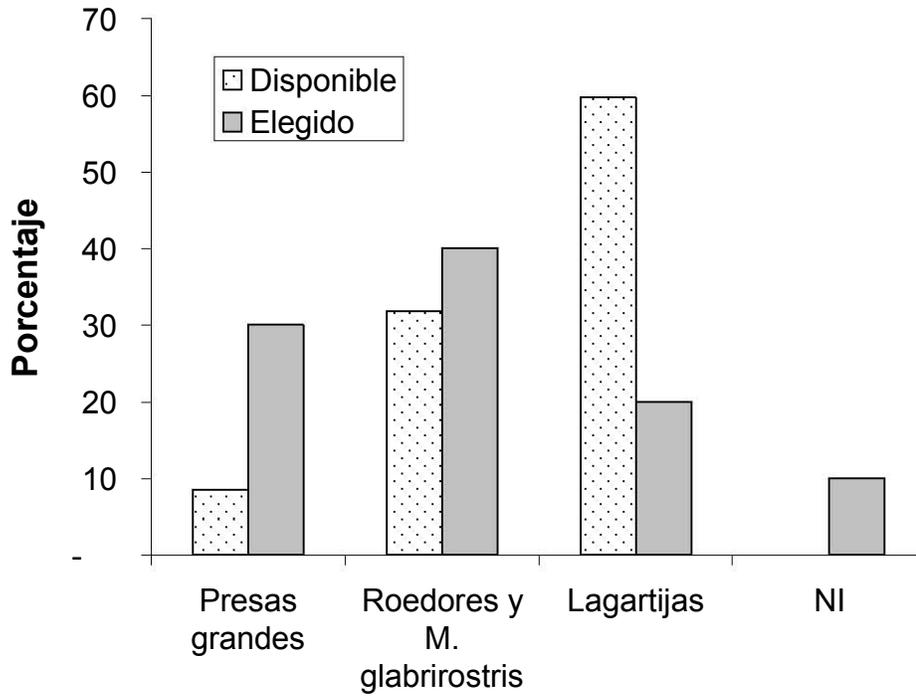


**Figura 15.** Abundancia de roedores (ratones /trampa/noche) en los diferentes tipos de vegetación. Las líneas verticales indican el error estándar. Las barras que comparten letra no son diferentes estadísticamente.

## 6.4 SELECCIÓN DE PRESAS

Considerando los valores de abundancia de todas las presas, las más abundantes fueron las lagartijas, mientras que las menos abundantes fueron las presas grandes. Esto significa que para una boa es más probable encontrar lagartijas que otras presas. El tipo de vegetación con más abundancia de presas fue la selva mediana, seguido de la selva baja.

Los grupos de presas no fueron consumidos por igual. ( $F = 11.54$ , *g.l.* 2 y 7;  $P = 0.006$ . Figura 16). Considerando la disponibilidad de cada grupo y su uso por las boas, el grupo más elegido fueron las presas grandes, a pesar de su, relativa baja disponibilidad (prueba de *t*, con el procedimiento Waller-Duncan,  $W = 2.36$ ;  $p < 0.05$ ).



**Figura 16.** Disponibilidad de presas y frecuencia de consumo por *Boa constrictor*. NI significa presa no identificada.

## 7 DISCUSIÓN

### 7.1 MORFOMETRÍA DE BOAS

Al comparar la LHC promedio de las boas de Cozumel ( $1012.13 \pm 43.2$  mm) con la registrada en otros sitios (Cuadro 13), se puede observar que en Cozumel las boas son más pequeñas que en el continente y que poblaciones insulares nativas, pero son similares a otras boas insulares introducidas. Esto apoya la idea propuesta por Boback y Guyer (2003) sobre el tamaño de las serpientes en las islas, quienes mencionan que las especies de serpientes que en el continente miden más de un metro, en islas disminuyen su tamaño.

**Cuadro 13.** Tamaño de *Boa constrictor* en distintos sitios continentales e insulares. Las boas estudiadas por Quick *et al.* (2005) y en el presente trabajo forman parte de poblaciones introducidas a islas.

Estudio	Sitio	Tipo de medición	Longitud promedio (mm)	Intervalo (mm)
Boback 2003	NR <sup>a</sup>	Long. total	NR	NR – 5000 en continente NR - 2685.3 en isla
Bertona <i>et al.</i> 1998	Argentina	Longitud Hocico Cloaca (LHC)	♂ $1875.54 \pm 22.04$ ♀ $2003.69 \pm 24.59$	1240 – 2440 1240 – 3220
Chiaraviglio <i>et al.</i> 2001	Argentina	LHC	♂ $1630.5 \pm 306.2$ ♀ $1830.9 \pm 300.8$	690 – 2230 1130 – 2520.
Chiaraviglio <i>et al.</i> 2003	Argentina	LHC	♂ $1660 \pm 350$ ♀ $1930 \pm 410$	520 – 2230 580 – 2520
Bertona y Chiaraviglio 2003	Argentina	LHC	♂ $1800 \pm 30$ ♀ $2050 \pm 40$	1490 – 2230 1690 – 2850
Boback 2003	Cuatro islas en Belice	Long. Total	♂♀ 1587.5	NR - 1759
Quick <i>et al.</i> 2005	Isla Aruba	Long. Total	♂♀ $1045 \pm 76.5$	485 – 2000
Este estudio	Isla Cozumel	LHC	♂ $991.58 \pm 58.23$ ♀ $1018.3 \pm 75.02$	380 – 1512 388 – 2200

<sup>a</sup>. NR. Valor no reportado

El menor tamaño de las boas insulares puede ser resultado de la abundancia y del tamaño de las presas. Es probable que una causa del enanismo de las boas en Cozumel sea la menor disponibilidad de alimento debido a la poca abundancia y el enanismo de las presas grandes, que se ha demostrado en el caso de los carnívoros (Cuarón *et al.* 2004, García-Vasco 2005). Además, la frecuencia de alimentación de las boas en Cozumel es considerablemente menor a la de otras poblaciones (ver secciones 6.2.2 y 7.2.2), lo cual puede resultar en un menor tamaño corporal. La variación en el tamaño ocasionada por la abundancia de presas ha sido demostrada en varias especies de serpientes (*e.g.*, *Liasis fuscus*, Madsen y Shine 2000; *Bitis gabonica*, Bonnet *et al.* 2001; *Morelia spilota imbricata*, Pearson *et al.* 2002).

El enanismo de las boas puede ocasionar, entre otras cosas, variaciones en las tasas reproductivas. Esto debido a que la LHC de las hembras está directamente relacionada con la cantidad de crías que pueden tener (Correa-Sanchez y Godínez-Cano 2002, Bertona *et al.* 2003). Se esperaría que las boas en Cozumel, y en otras islas, tuvieran menos crías que sus contrapartes continentales. Hasta el momento no existen estudios publicados que describan el tamaño de camada de boas en islas. Este es un tema importante a investigar si tomamos en cuenta los casos de Cozumel y la Isla Aruba, donde esta serpiente es un depredador introducido y abundante (Romero-Nájera 2004, Quick *et al.* 2005).

### **7.1.1 Clases de tamaño**

En una población con una estructura estable de edades esperaríamos encontrar más individuos de tallas pequeñas que del resto (Gotelli 1995, Todd y Ng 2001). Sin embargo, en Cozumel la mayoría de las boas capturadas midió alrededor de un metro de LHC, es decir de talla media. En Argentina encontraron resultados similares y atribuyeron la poca abundancia de individuos juveniles a diferentes causas: mayor depredación de los juveniles, menor detectabilidad debida a los métodos utilizados o menor movilidad durante esta etapa (Chiaraviglio *et al.* 2003).

Hay que tomar en cuenta que casi el 81% (61) de los individuos fueron recolectados durante trayectos en la carretera, es decir, durante traslados de las boas. Bonnet *et al.* (1999) demuestran que ciertas clases de tamaño tienen más probabilidad de ser encontradas, o atropelladas, por presentar mayores valores de movilidad. En *B. constrictor* y otros boidos se ha demostrado que la movilidad varía de acuerdo con la edad, la época y condición reproductiva (que también depende de la edad), el sexo y la estrategia de forrajeo (Madsen y Shine 1999a, Chiaraviglio *et al.* 2003, Wunderle *et al.* 2004, Fearn *et al.* 2005). Por ejemplo, en época reproductiva, los machos sexualmente maduros se mueven más, buscando a las hembras, que son más sedentarias (Wunderle *et al.* 2004). Actualmente se realiza un estudio sobre patrones de actividad y uso de hábitat de *Boa constrictor* en Cozumel en el cual se estudia la variación en la movilidad de las boas (A. D. Puaron y C. Hernández, com. pers.).

Únicamente durante agosto capturé individuos con una LHC menor que 50 cm. La LHC promedio de estos individuos fue de  $40.4 \pm 1.16$  cm, valor cercano al tamaño de individuos neonatos en poblaciones cautivas (Correa-Sanchez y Godínez-Cano 2002; obs. pers.). Esto es un indicador de que en Cozumel las boas nacen en agosto.

### **7.1.2 Dimorfismo sexual**

A pesar de que la hembra más grande fue 45% más larga y 208% más pesada que el macho más grande y pesado, no encontré diferencias significativas al comparar el promedio de distintas variables morfológicas (LHC, peso, LM, AM, CC y CMC) entre boas machos y hembras. Sin embargo, si hubo diferencias en el promedio de la longitud de la cola y la longitud relativa de la cola entre machos y hembras. Bertona y Chiaraviglio (2003) demuestran dimorfismo sexual en las boas, aunque no tan marcado como en otras especies de la Superfamilia Boidae (*e.g.*, *Python reticulatus*, *Eunectes murinus* o *Morelia kinghorni*; Shine *et al.* 1998b, Rivas y Burdhardt 2001, Fearn *et al.* 2005). Para definir el dimorfismo sexual Bertona y Chiaraviglio (2003) compararon también la LHC, pero considerando solamente individuos adultos, en donde para determinar la madurez de los

individuos consideraron el desarrollo de las gónadas a través de ultrasonido. Una probable causa de que en este estudio no haya encontrado diferencias significativas en la LHC entre sexos es que al realizar las comparaciones incluí individuos de todos los tamaños y, presumiblemente, madurez sexual. Por lo general, en las serpientes no se presenta dimorfismo sexual en etapas tempranas de desarrollo (Shine 1993). Yo no pude hacer la división entre madurez sexual debido a la incapacidad para conocer el desarrollo de las gónadas, por lo que es probablemente que en las comparaciones haya incluido hembras inmaduras, mayores que 1 m, pero sin desarrollo de gónadas y, por lo tanto, no comparables con machos de esa longitud, pero adultos.

Como era de esperarse, en ambos sexos existe una relación positiva entre la LHC y el peso. Sin embargo, las hembras son más pesadas que machos de la misma longitud, lo mismo encontraron Bertona y Chiaraviglio (2003) con boas en Argentina, en otras serpientes y en otros grupos de reptiles (e.g., Hernández-Ibarra y Bautista-Ramírez 2002, Madsen y Shine 2002). Esto se atribuye a la mayor necesidad de las hembras por acumular energía para la producción de crías (Gregory *et al.* 1999, Brown y Weatherhead 1999, Madsen y Shine 2002, Shine 2003). El mayor peso y longitud de las hembras pueden tener implicaciones en la capacidad reproductiva y en las presas que podrían consumir (Shine 1993, King 2002, Pearson *et al.* 2002). Es decir que serpientes más grandes y pesadas serían capaces de capturar e ingerir presas mayores que serpientes más pequeñas (Shine 1991).

Los machos tuvieron en promedio la cola más larga que las hembras y, del mismo modo, la longitud de la cola con relación al resto del cuerpo es mayor en los machos. Chiaraviglio *et al.* (2003) encontraron algo semejante en Argentina, aunque los valores que reportan ( $\text{♂} 11 \pm 1\%$  y  $\text{♀} 8 \pm 1\%$ ) son menores que los registrados en Cozumel ( $\text{♂} 15.4 \pm 0.4\%$  y  $\text{♀} 11.3 \pm 0.3\%$ ; Cuadro 9). La diferencia en el tamaño de la cola entre sexos es común en una gran cantidad de serpientes y se atribuye a la selección sexual, que determina el éxito reproductivo de los machos (King 1989, Shine *et al.* 1999). Esto se debe a que el tamaño de la cola

está relacionado con el tamaño de los hemipenes y con la capacidad de los machos para desplazar a los competidores durante el cortejo (Shine *et al.* 1999).

La relación cola-cuerpo fue independiente de la LHC. Es decir, que los machos tuvieron la cola más grande que las hembras, en todas las tallas. Lo que puede ser útil para determinar el sexo de las boas en cualquier etapa de desarrollo. Como se mencionó anteriormente, no es común encontrar dimorfismo sexual en serpientes en etapas tempranas de desarrollo (Shine 1993), por lo que este hallazgo es novedoso. Esta característica puede implicar selección sexual a lo largo de toda la vida de las serpientes (Shine *et al.* 1999).

## **7.2 DIETA DE BOA CONSTRICTOR**

Aunque la cantidad de boas registradas con indicios de alimento fue relativamente baja (n = 25), los resultados encontrados ofrecen las primeras observaciones detalladas de variación de la dieta en boas en vida libre relacionada con distintos factores (tamaño, sexo, disponibilidad de presas).

### **7.2.1 Composición de la dieta**

Las boas en Cozumel consumieron una amplia variedad de tamaños de presas; desde lagartijas hasta gallinas domésticas, confirmando la primera hipótesis planteada. Este amplio intervalo de tamaños de presas ha sido registrado también en otras poblaciones de boas (Chiaraviglio *et al.* 2003, Quick *et al.* 2005).

En pláticas con pobladores locales y visitantes mencionaron a iguanas y perros como presa de las boas. Aunque en este estudio no registré perros como presa, Quick *et al.* (2005) sí los registraron en boas introducidas en Aruba. Bautista (2006) determinó que los perros también pueden estar causando disminución en las poblaciones de vertebrados nativos. Esto indica que las boas pueden ser incluso un control biológico de otros depredadores introducidos en la isla como los perros y los gatos.

Las presas más representadas en los contenidos del tracto digestivo de las boas fueron los roedores, seguidos por gallinas domésticas (Cuadro 12). En la isla están registrados tres taxa de ratones silvestres, los tres endémicos (*O. couesi*

*cozumelae* y *R. spectabilis* y *P. leucopus*). Se han realizado estudios paralelos sobre distintos aspectos de los ratones de la isla, en los que han determinado, entre otras cosas, que *R. spectabilis* es poco abundante, comparado con poblaciones continentales de la misma especie y con *O. couesi* en la isla (Gutierrez-Granados 2003, Fortes-Corona 2004, Cuarón *et al.* datos sin publicar, este trabajo). En estos estudios, y después de un muestreo intensivo y continuo, no se ha registrado la tercera especie (*Peromyscus leucopus cozumelae*). Esta especie de ratón fue reportada en 1989 como la más abundante y que habitaba todos los tipos de hábitat muestreados (Engstrom *et al.* 1989). El no existir registros recientes de *P. leucopus cozumelae* y la considerable presencia de roedores en la dieta de las boas y perros (Bautista 2006), sugieren que esta especie está extinta y una posible causa son los depredadores introducidos.

La segunda especie más registrada en los contenidos del tracto digestivo son las gallinas domésticas. Esta es una de las razones que ocasiona que los pobladores rurales en Cozumel tengan una percepción negativa de las boas (Navarro-Ramírez 2005), lo cual es una causa común de muerte de esta serpiente. Chiaraviglio *et al.* (2003) también registraron gallinas como una presa común de las boas. Esto, aunado a que se han realizado capturas de boas en la zona urbana, es indicio de que las boas no evitan los sitios habitados por humanos, lo cual fue confirmado también por Romero-Nájera (2004). Incluso, algunos habitantes locales mencionan que las boas usan frecuentemente los gallineros como sitios para forrajeo.

De las seis especies identificadas como presas, cuatro de ellas son taxa endémicos a la isla. Dos de las cuatro presas endémicas son poco abundantes (Gutierrez-Granados 2003, Fortes-Corona 2004, este estudio). Esto puede ser un indicador de la poca capacidad para soportar la depredación que tienen las especies nativas. En la Isla Guam, en Micronesia, otra serpiente introducida extinguió casi totalmente a la avifauna nativa y afectó a murciélagos y otros reptiles; la severidad de esta extinción se ha atribuido, entre otras cosas, a la ausencia de coevolución entre presas nativas y el depredador introducido (Fritts y Rodda 1998). Se ha demostrado que otros depredadores introducidos pueden

ocasionar extinciones en fauna nativa (e.g., Schoener *et al.* 2001, Blackburn *et al.* 2004, Gurevitch y Padilla 2004). Por esta razón es importante mantener un monitoreo continuo de la abundancia y distribución de las especies de fauna nativa y exótica. Ello será útil para evaluar el efecto de las boas a lo largo del tiempo y, de ser necesario, diseñar programas de control.

### **7.2.2 Frecuencia de alimentación**

Solamente el 40% de las boas analizadas presentaron indicios de alimentación. Shine *et al.* (1998a) mencionan que es necesario tener en cuenta las siguientes cuestiones al considerar la frecuencia de alimentación en las serpientes: a) las serpientes se mueven más cuando buscan alimento, por lo tanto son más vulnerables de ser capturadas, es decir, que es más probable encontrarlas sin alimento en el tracto digestivo; y b) es más fácil encontrar e identificar restos de presas grandes que de presas pequeñas, por permanecer más tiempo en proceso de digestión. Por lo tanto, no es correcto considerar el índice como un valor absoluto. Sin embargo, con el supuesto de que estos factores afectan por igual a las serpientes de diferentes tamaño u origen, es válido comparar este resultado con el encontrado en otros sitios.

Como se mencionó anteriormente, la frecuencia de alimentación en Cozumel es menor a la de otras poblaciones de boas. En Argentina, una población continental de boas con alimento concentrado en colonias de grandes roedores (ricacha; *Lagostomus maximus*), registraron una frecuencia de alimentación de 100% (Chiaraviglio *et al.* 2000). En la Isla Aruba, una población introducida de boas en 1999, registraron 72% de frecuencia de alimentación (Quick *et al.* 2005). Pearson *et al.* (2002) reportaron que la frecuencia de alimentación es menor al disminuir la disponibilidad de presas. Entonces, la menor frecuencia de alimentación en Cozumel puede ser reflejo de una menor disponibilidad de presas. Por esta razón es importante realizar un monitoreo constante de la fauna en la isla para evaluar si las boas, u otra causa, están disminuyendo la cantidad de vertebrados.

El encontrar una proporción reducida de individuos con indicios de alimento es una restricción para los estudios de alimentación. Esta limitante puede superarse utilizando análisis de isótopos estables, los cuales aunque proveen información menos detallada de las presas ingeridas, proporcionan información de animales sin indicios de alimentos (Peterson y Fry 1987). Los análisis de isótopos de carbón y de nitrógeno permiten estimar la proporción de alimento realmente asimilado y no solo deglutido, además, se puede obtener información de dieta a largo plazo (Hobson y Clark 1992). El análisis origina información cuantitativa de la contribución relativa de cada fuente de alimento. Lo que hace posible el análisis de los isótopos de carbono y nitrógeno ( $^{13}\text{C}$ : $^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$ : $^{14}\text{N}$ , respectivamente) y su relación con la dieta, es que los valores de cada uno cambian de acuerdo con la fuente (Hobson y Clark 1992, Herrera *et al.* 2001). Estudios de este tipo se han realizado con pitones (Starck *et al.* 2004). Esta puede ser una técnica útil para complementar este estudio en el futuro.

**Estacionalidad de la dieta y presencia de cuerpos grasos.** La proporción de boas con alimento no varía a lo largo del año. Aunque este resultado se puede ver afectado por ser un tamaño de muestra pequeño. Sin embargo, al considerar la cantidad de cuerpos grasos, encontré niveles altos durante julio y agosto y ausencia de los mismos durante febrero y marzo. Esto puede ser un indicador de que en cierta época del año acumulan reservas de energía para soportar la temporada de reproducción sin consumir presas. La anorexia durante la época reproductiva y la acumulación de cuerpos grasos se ha observado en boas en cautiverio, en otras serpientes y en lagartijas (e.g., de Vosjoli *et al.* 1998, Gregory *et al.* 1999, Madsen y Shine 2000, Ramírez-Bautista y Pardo-de la Rosa 2002). Un estudio más detallado sobre la frecuencia de alimentación y la cantidad de cuerpos grasos será útil para determinar el ciclo reproductivo y su costo en boas de vida libre.

**Efecto del tamaño y sexo.** Hubo mayor proporción de boas grandes (>1 m) con indicios de alimento que de pequeñas (<1 m). De la misma manera, en proporción,

hubo más hembras con indicios de alimento que machos. Estos resultados se pueden relacionar debido a que, como se mencionó arriba, es más probable que se encuentren e identifiquen presas en boas grandes que en pequeñas (debido a que pueden comer presas más grandes y por lo tanto tener mayor tiempo de digestión); y las boas hembras son más grandes que los machos. Es decir que, de acuerdo con lo esperado en mi segunda hipótesis, el tamaño de *Boa constrictor* es un factor de variación en un aspecto de la ecología de forrajeo, la frecuencia de alimentación. Se han encontrado resultados similares en pitones reticulados y en serpientes piscívoras (Houston y Shine 1993, Shine *et al.* 1998a).

### **7.2.3 Variación ontogénica de la composición de la dieta**

En contra de lo planteado en la segunda hipótesis, el tamaño no afectó un aspecto de la ecología de forrajeo, la variación ontogénica de la dieta. Las boas consumieron una amplia variedad de presas independientemente de su LHC. Sin embargo, un patrón común en serpientes, y que era de esperarse en este estudio, es una relación positiva entre la LHC y el peso de las presas (*e.g.*, Miller y Mushinsky 1990, Shine *et al.* 1998a, Rodríguez-Robles y Greene 1999, King 2002, Greene y Rodríguez-Robles 2003). Este patrón también se observó en boas introducidas a la Isla Aruba (Quick *et al.* 2005). El que los resultados en Cozumel no sigan dicho patrón, puede deberse a distintas causas: a) poca disponibilidad de presas en la isla, por lo que las boas no pueden darse el lujo de ser selectivas al capturar; b) la mayoría de las boas de las que se obtuvo contenido estomacal medían entre 1000 y 1500 mm, de modo que el resultado está sesgado a una clase de tamaño; y, c) la poca cantidad de boas registradas con alimento no permite realizar una correlación significativa (ver 7.2.2.).

## **7.3 RIQUEZA DE ESPECIES Y ABUNDANCIA DE PRESAS**

El objetivo del estudio de la abundancia de las presas fue conocer su disponibilidad como alimento en los diferentes tipos de vegetación. No es mi objetivo en este trabajo discutir las causas de su abundancia. Sin embargo, hay

que tener en cuenta que los resultados obtenidos pueden ser un indicador de los efectos de *B. constrictor* como depredador.

No es común que las investigaciones sobre la alimentación de serpientes evalúen la disponibilidad de presas para la especie de estudio. Entre los pocos que lo han hecho, se han enfocado solamente a un grupo taxonómico (e.g., Houston y Shine 1993: peces; Shine y Madsen 1997 y Madsen y Shine 2000: roedores). Un objetivo de este estudio fue conocer la disponibilidad de diversos grupos de presas, para lo cual fue necesario utilizar diversos métodos debido a la gran variedad de presas que consume *B. constrictor*. En la isla existen 36 especies de reptiles, mamíferos y aves consideradas en este estudio como presa potencial, de las cuales registré casi el 50 % (17 especies), con representantes de los cuatro grupos taxonómicos considerados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

Aunque registré una tendencia a mayor riqueza y abundancia de presas grandes en la selva baja, las diferencias no fueron significativas. Lo que hace que rechace mi tercera hipótesis con relación las presas grandes, ya que presentaron una abundancia similar en todos los tipos de vegetación.

*Bufo marinus* fue la presa más abundante en la selva mediana ( $0.2 \pm 0.1$  individuos /10 km), y es de hábitos nocturnos (Lee 1996), por lo que se traslapan sus horarios de actividad con los de la boa. Sin embargo, no fue registrado en los contenidos del tracto digestivo. Una probable razón es que este sapo es tóxico para las serpientes cuando lo tragan por lo que es evitado como presa (Phillips *et al.* 2004). Se ha reportado que en serpientes australianas este sapo ha causado modificaciones como respuesta coevolutiva, siendo algunas especies inmunes al veneno (Phillips *et al.* 2003, Phillips y Shine 2004).

Los anfibios y reptiles presentan diferente abundancia en los diferentes tipos de vegetación, lo que comprueba mi tercera hipótesis para este grupo de organismos. Hubo más especies de anfibios y reptiles en la selva mediana que en el resto de los tipos de vegetación, mientras que en la selva baja la abundancia resultó significativamente menor. Durante las búsquedas intensivas las lagartijas más abundantes fueron los del género *Norops* ( $1194 \pm 642.3$  individuos/km<sup>2</sup>). Sin embargo, no las registré en los contenidos del tracto digestivo de las boas. Esto

puede deberse a que no son consumidas o, que por su tamaño pequeño no permanecen mucho tiempo en el sistema digestivo de las boas.

Al contrario que los anfibios y reptiles, hubo una mayor riqueza de especies de lagartijas en la selva baja. Sin embargo, en contra de lo que esperaba en mi tercera hipótesis, no hubo diferencias significativas en la abundancia de lagartijas entre tipos de vegetación. Al igual que con el método de parcelas, con este método las especies del género *Norops* fueron las más abundantes ( $1.98 \pm 0.60$  individuos /km).

En la selva mediana subcaducifolia y en el manglar registré dos especies de roedores (*R. spectabilis* y *O. c. cozumelae*), mientras que en la selva baja solo *R. spectabilis*. Asimismo, de acuerdo con lo esperado en mi tercera hipótesis, en la selva baja hubo menos roedores que en los otros tipos de vegetación. Hay que considerar que el periodo de muestreo fue únicamente durante noviembre, diciembre y febrero; es decir, durante la época de lluvias invernales (“nortes”) en Cozumel. En esta temporada Fortes-Corona (2004) registró la mayor abundancia de las dos especies. Este tipo de variación estacional de las poblaciones ha sido reportada en otros sitios y para diversos grupos taxonómicos (e.g., Malcolm 1990, Madsen y Shine 1999b, González-Baca 2002). No obstante, si las únicas causas de variación en la abundancia de las especies son la mortalidad y la natalidad, todos los tipos de vegetación deberían estar sujetos a la misma variación. Es decir que durante la época lluviosa la selva baja seguiría siendo el tipo de vegetación con menor abundancia de roedores. De modo que la disponibilidad de roedores para las boas sería distinta en cada tipo de vegetación, independientemente de la época del año.

## 7.4 SELECCIÓN DE PRESAS

La riqueza de especies de presas y su abundancia presentaron diferentes patrones de acuerdo al tipo de presa y de vegetación. En el manglar no hubo diferencias significativas en la abundancia de presas. Las lagartijas fueron igualmente abundantes en todos los tipos de vegetación. Sin embargo, anfibios y

reptiles y roedores presentaron una tendencia a mayor abundancia en la selva mediana, mientras que fueron significativamente menos en la selva baja. Al contrario, en la selva baja las presas grandes fueron marginalmente más abundantes.

Considerando todos los grupos de presas, el tipo de vegetación con mayor disponibilidad de recursos fue la selva mediana. Esto concuerda con dos resultados de este estudio: 1) de las boas registradas con alimento, más de la mitad estaban en selva mediana, y 2) en este tipo de vegetación encontré la mayor frecuencia de alimentación (33%; Cuadro 11). Es decir que, en la selva mediana son más comunes las capturas de presas, pero son presas pequeñas.

Las presas más consumidas fueron los roedores. Este resultado es semejante a lo encontrado en otros estudios: Chiaraviglio *et al.* (2000) registraron *Mus musculus* como la presa más común de boas pequeñas y medianas (< 2350 mm) y Quick *et al.* (2005) encontraron a *Rattus rattus* como presa frecuente de boas con una longitud mayor que un metro.

De manera global las lagartijas fueron las presas más disponibles, sin embargo únicamente registré una en un contenido del tracto digestivo. Al contrario, las presas grandes fueron las menos disponibles, pero fueron consumidas preferentemente por las boas (Figura 16). En suma, rechazando lo planteado en la cuarta hipótesis, las boas no consumieron a las presas de acuerdo a su disponibilidad.

## 8 CONCLUSIONES

---

La mayoría de los individuos capturados en la Isla Cozumel midieron alrededor de un metro de LHC. Las boas en Cozumel son, en promedio, más pequeñas que las boas en el continente y similares en tamaño a las de otras poblaciones insulares. Es probable que esto se deba a una menor disponibilidad de alimento, ya que en Cozumel la frecuencia de alimentación fue baja. Solamente capturé individuos pequeños (<500 mm) en agosto, lo que sugiere que esa es la época de nacimientos de las boas. Las boas hembra son más pesadas que los machos de la misma longitud. No obstante, los machos tienen, en promedio y en relación con el cuerpo, la cola más larga que las hembras. Esta diferencia en el tamaño de la cola entre machos y hembras es independiente de la LHC y, por lo tanto, de la edad. Es decir que la longitud relativa de la cola puede utilizarse para determinar el sexo en boas de cualquier tamaño.

Las boas consumieron una amplia variedad de presas. Identifiqué seis distintas especies de presas, de tamaños variados (15 – 2000 g), en los contenidos del tracto digestivo. Cuatro de ellas son taxa endémicos a la Isla Cozumel. Esto puede indicar una menor adaptación de las poblaciones endémicas a un depredador introducido como la boa. Las presas más comunes de las boas fueron los roedores, mientras que la segunda presa más frecuente fueron las gallinas domésticas.

Menos de la mitad de las boas analizadas tenían indicios de alimento. Encontré patrones relacionados con esta frecuencia de alimentación y el tamaño de las boas. Por ejemplo, registré más boas grandes (> 1 m) con alimento, que boas pequeñas; y encontré más hembras con alimento que machos. Sin embargo, no encontré una relación entre el tamaño de las boas con el de las presas consumidas. En conclusión, hubo una relación directa entre el tamaño de las boas con la frecuencia de alimentación, pero no con el tamaño de las presas consumidas.

Para estudiar la dieta de una serpiente que consume presas de distintos grupos taxonómicos y tamaños, como la boa, fue necesario utilizar diferentes

métodos para el estudio de la abundancia de las presas. De este modo registré 17 de las 36 especies de vertebrados que consideré como presas, divididas en las categorías de anfibios y reptiles, roedores, presas grandes y lagartijas. La riqueza y abundancia de las presas presentaron distintos patrones en los diferentes tipos de vegetación. Los anfibios y reptiles y los roedores fueron significativamente menos abundantes en la selva baja. Las presas grandes fueron marginalmente más abundantes en la selva baja. Las lagartijas fueron similarmente abundantes en todos los tipos de vegetación.

Las boas en Cozumel no consumieron las presas de acuerdo a su disponibilidad. Eligieron preferentemente a las presas grandes pese a su poca disponibilidad.

La evidente depredación de las boas sobre la fauna local hacen necesario el monitoreo continuo de la población de boas, y de su alimentación, así como de la comunidad de sus presas. De este modo se podrán realizar acciones de control mejor fundamentadas para disminuir la presión de las boas sobre la fauna nativa, especialmente la endémica.

**ANEXO 1.** Especies de aves registradas en Cozumel (Howell y Webb 1995). R = Residente; S = Migratorio que anida, presente estacionalmente; T = Migratorio de paso; W = Migratorio de invierno; V = Visitante, no anidante; X = Ocasional; E = Extinto; \* = No nativo o introducido.

<b>Nombre científico</b>	<b>Estatus para Cozumel</b>
<i>Tachybaptus dominicus</i>	S?
<i>Podilymbus podiceps</i>	W
<i>Puffinus iherminieri</i>	V
<i>Peatón lepturus</i>	X
<i>Pelicanus occidentales</i>	V(R?)
<i>Phalacrocorax auritas</i>	W
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	V(R?)
<i>Anhinga anhinga</i>	W(R?)
<i>Fregata magnificiens</i>	V(R?)
<i>Ixobrychus exilis</i>	W
<i>Ardea herodias</i>	V(R?)
<i>Casmerodius albus</i>	V(R?)
<i>Egretta thula</i>	W(R?)
<i>Egretta caerulea</i>	W(R?)
<i>Egretta tricolor</i>	W(R?)
<i>Egretta rufescens</i>	W(R?)
<i>Bubulcus ibis</i>	W(R?)
<i>Butoroides striatus</i>	R
<i>Nyctabassa violacea</i>	W(R?)
<i>Cochlearius cochlearius</i>	R?
<i>Eudocimus albus</i>	
<i>Plegadis falcinellus</i>	V
<i>Plegadis chichi</i>	W(R?)
<i>Ajaia ajaja</i>	W(R?)
<i>Mycteria americana</i>	
<i>Phoenicopterus ruber</i>	V
<i>Anas acuta</i>	W
<i>Anas clypeata</i>	W

(continuación)

---

<i>Aythya collaris</i>	W
<i>Aythya affinis</i>	W
<i>Oxyura dominica</i>	W
<i>Coragyps atratus</i>	S?
<i>Cathartes aura</i>	R
<i>Pandion haliaetus</i>	R
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	R?
<i>Elanoides forficatus</i>	V(R?)
<i>Buteogallus anthracinus</i>	T
<i>Buteo magnirostris</i>	R?
<i>Buteo brachyurus</i>	R
<i>Falco sparverius</i>	R
<i>Falco columbarius</i>	W
<i>Falco ruficularis</i>	W
<i>Falco peregrinus</i>	V
<i>Crax rubra</i>	R (E?)
<i>Laterallus ruber</i>	W
<i>Rallus limicola</i>	
<i>Porzana Carolina</i>	R
<i>Porphyryla martinica</i>	
<i>Gallinula chloropus</i>	W
<i>Fulica americana</i>	T
<i>Pluvialis squatarola</i>	R
<i>Charadrius alexandrinus</i>	W
<i>Charadrius wilsonia</i>	W
<i>Charadrius semipalmatus</i>	T (W?)
<i>Charadrius vociferus</i>	W (R?)
<i>Haematopus palliatus</i>	W
<i>Himantopus mexicanus</i>	W
<i>Jacana spinosa</i>	W(R?)
<i>Tringa melanoleuca</i>	R
<i>Tringa flavipes</i>	R?

---

(continuación)

---

<i>Tringa solitaria</i>	W
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	T
<i>Actitis macularia</i>	W
<i>Arenaria interpres</i>	W
<i>Calidris canutus</i>	W
<i>Calitris alba</i>	V
<i>Calitris mauri</i>	T
<i>Calitris minutilla</i>	W
<i>Calitris fuscicollis</i>	W
<i>Limnodromus griseus</i>	V
<i>Gallinago gallinago</i>	W
<i>Larus atricilla</i>	W
<i>Larus argentatus</i>	V
<i>Sterna caspia</i>	V
<i>Sterna maxima</i>	T (S?)
<i>Sterna sandvicensis</i>	V
<i>Sterna dougallii</i>	S?
<i>Sterna hirundo</i>	S
<i>Sterna antillarum</i>	T
<i>Sterna anaethetus</i>	
<i>Sterna fuscata</i>	V
<i>Chlidominas niger</i>	W
<i>Columba livia</i>	R*
<i>Columba leucocephala</i>	S (R?)
<i>Zenaida asiatica</i>	R (S?)
<i>Zenaida aurita</i>	X (R?)
<i>Zenaida macroura</i>	
<i>Columbina inca</i>	
<i>Columbina passerina</i>	R
<i>Columbina talpacoti</i>	R
<i>Claravis pretiosa</i>	V(S?)
<i>Leptotila jamaicensis</i>	R

---

(continuación)

---

<i>Amazona xantholora</i>	R
<i>Coccyzus americanus</i>	T
<i>Coccyzus minor</i>	R
<i>Crotophaga ani</i>	R
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	R
<i>Tylo alba</i>	R?
<i>Otus guatemalae</i>	R
<i>Asio stygius</i>	V(R?)
<i>Chordeiles acutipennis</i>	S
<i>Chordeiles minor</i>	T
<i>Nyctidromus albicollis</i>	R
<i>Nictiphrynus yucatanicus</i>	R
<i>Caprimulgus badius</i>	
<i>Chaetura vauxi</i>	T
<i>Anthracothorax prevostii</i>	R
<i>Chlorostilbon canivetti</i>	R (S?)
<i>Ceryle alcyón</i>	R
<i>Chloroceryle aenea</i>	W
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	R
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R
<i>Spyrapicus varius</i>	R
<i>Camptostoma imberbe</i>	W
<i>Myiopagis viridicata</i>	R
<i>Elaenia martinica</i>	R
<i>Contopus virens</i>	R
<i>Contopus cinereus</i>	T
<i>Empidonax virescens</i>	W (R?)
<i>Empidonax minimus</i>	T
<i>Attila spadiceus</i>	W
<i>Myiarchus yucatenensis</i>	R
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R
<i>Myiarchus crinitus</i>	S

---

(continuación)

---

<i>Myiarchus tyrannulus</i>	T
<i>Tyrannus melancholicus</i>	S
<i>Tyrannus tyrannus</i>	R
<i>Tyrannus dominicensis</i>	T
<i>Tyrannus forticatus</i>	
<i>Progne subis</i>	T
<i>Progne chalybea</i>	T
<i>Tachycineta bicolor</i>	S?
<i>Tachycineta albilinea</i>	W
<i>Stelgipteryx serripennis</i>	R
<i>Riparia riparia</i>	T
<i>Hirundo pyrrhonota</i>	T
<i>Hirundo rustica</i>	T
<i>Troglodytes beani</i>	T
<i>Polioptila caerulea</i>	R
<i>Sialia sialis</i>	R
<i>Catharus fuscescens</i>	X
<i>Catharus minimus</i>	
<i>Catharus ustulatus</i>	T
<i>Hylocichla mustelina</i>	T
<i>Turdus migratorius</i>	W
<i>Dumetella carolinensis</i>	X
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	W
<i>Mimus gilvus</i>	R
<i>Toxostoma guttatum</i>	R
<i>Vireo griseus</i>	R
<i>Vireo bairdi</i>	W
<i>Vireo flavifrons</i>	R
<i>Vireo philadelphicus</i>	W
<i>Vireo olivaceus</i>	W
<i>Vireo magister</i>	T
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	R

---

(continuación)

---

<i>Vermivora pinus</i>	R
<i>Vermivora chysoptera</i>	W
<i>Vermivora peregrina</i>	T
<i>Vermivora celata</i>	W
<i>Vermivora ruficapilla</i>	
<i>Parula americana</i>	
<i>Dendroica petechia</i>	W
<i>Dendroica pensylvanica</i>	R
<i>Dendroica magnolia</i>	T
<i>Dendroica tigrina</i>	W
<i>Dendroica caerulescens</i>	W
<i>Dendroica coronata</i>	W
<i>Dendroica virens</i>	W
<i>Dendroica fusca</i>	W
<i>Dendroica dominica</i>	T
<i>Dendroica pinus</i>	W
<i>Dendroica discolor</i>	
<i>Dendroica palmarum</i>	W
<i>Dendroica castanea</i>	W
<i>Dendroica striata</i>	T
<i>Mniotilta varia</i>	T
<i>Setophaga ruticilia</i>	W
<i>Protonotaria citrea</i>	W
<i>Helmitheros vermivorus</i>	T (W?)
<i>Limnothlypis swainsonii</i>	W
<i>Seiurus aurocapillus</i>	W
<i>Seiurus noveboracensis</i>	W
<i>Seiurus motocilla</i>	W
<i>Oporornis formosus</i>	H
<i>Geothlypis trichas</i>	W
<i>Wilsonia citrina</i>	W
<i>Wilsonia canadensis</i>	W

---

(continuación)

---

<i>Icteria virens</i>	
<i>Coereba flaveola</i>	W
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R
<i>Spindalis zena</i>	X
<i>Habia fuscicauda</i>	R
<i>Piranga rubra</i>	
<i>Piranga olivacea</i>	W
<i>Cardinalis cardinalis</i>	T
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	R
<i>Guiraca caerulea</i>	W
<i>Passerina cyanea</i>	W
<i>Passerina ciris</i>	W
<i>Volatinia jacarina</i>	W
<i>Sporophila torqueola</i>	
<i>Tiaris olivacea</i>	R
<i>Spizella pallida</i>	R
<i>Ammodramus savannarum</i>	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	W
<i>Molothrus ater</i>	S?
<i>Icterus spurius</i>	T
<i>Icterus cucullatus</i>	R
<i>Icterus galbula</i>	T

---

## 9 LITERATURA CITADA

---

- Asquith, N., J. Wright, y M. J. Clauss. 1997. Does mammal community composition control recruitment in neotropical forests? Evidence from Panama. *Ecology* 78: 941-946.
- Attademo, A., M. Bertona, M. Kozykariski y M. Chiaraviglio. Uso del hábitat por *Boa constrictor occidentalis* (serpentes: boidae) durante la estación seca en Córdoba, Argentina. En prensa.
- Bertona, M. y M. Chiaraviglio. 2003. Reproductive biology, mating aggregations, and sexual dimorphism of the Argentine boa constrictor (*Boa constrictor occidentalis*). *Journal of Herpetology* 37:510-516.
- Bertona, M., M. Chiaraviglio., R. Cervantes y M. Sironi. 1998. Diferencias morfométricas intersexuales en cueros de lampalagua (*Boa constrictor occidentalis*) (Serpentes: Boidae) de la provincia de Cordoba. *Argentina Vida Silvestre Neotropical* 7:132-135.
- Blackburn, T. M., P. Cassey, R. P. Duncan, K. L. Evans y K. J. Gaston. 2004. Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science* 305:1955 – 1958.
- Block, W. M. 1991. Foraging ecology of nuttalls woodpecker. *The Auk* 103: 303 – 317.
- Boback, S. M. 2003. Body size evolution in snakes: evidence from island populations. *Copeia* 1:81-94.
- Boback, S. M. y C. Guyer. 2003. Empirical evidence for an optimal body size in snakes. *Evolution* 57:345 – 351.
- Boback, S. M., E. Burroughs, C. Ugarte y J. Watling. 2000. *Boa constrictor*. Diet. *Herpetological Review* 31:244-245.
- Bond, E. M. y J. M. Chase. 2002. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales. *Ecology Letters* 5:467 – 470.

- Bonnet, X., G. Naulleau y R. Shine. 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89:39-50.
- Bonnet, X., R. Shine y O. Lourdais. 2002. Taxonomic chauvinism: Is research on “model organisms” easier to publish than equivalent work on less “popular” animals? *Trends in Ecology and Evolution* 17:1-3.
- Bonnet, X., R. Shine, G. Nailleau y C. Thiburce. 2001. Plastic vipers: influence of food intake on the size and shape of Gabon vipers (*Bitis gabonica*). *Journal of Zoology* (London) 255: 341 – 341.
- Brown G. P. y P. J. Weatherhead. 1999. Demography and sexual size dimorphism in northern water snakes, *Nerodia sipedon*. *Canadian Journal of Zoology* 77:1358 – 1366.
- Buckland, S.T., D. R. Anderson, K. P. Burnham y J. L. Laake. 1993. *Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations*. Chapman & Hall; London.
- Campbell, J. A. 1998. Amphibians and reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan and Belize. The University of Oklahoma Press. Ithaca.
- Ceballos, G., P. Rodríguez y R. A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism and endangerment. *Ecological Applications* 8:8 – 17.
- Chapman, C. A. 1986. *Boa constrictor* predation and group response in white-faced cebus monkeys. *Biotropica* 18:171-172.
- Chiaraviglio, M., M. Bertona, M. Sironi y S. Luciano. 2003. Intrapopulation variation in life history traits of *Boa constrictor occidentalis* in Argentina. *Amphibia-Reptilia* 24: 65-74
- Correa-Sánchez, F. y E. Godínez-Cano. 2002. Reproducción de *Boa constrictor imperator* (serpentes: boidae) en cautiverio. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*. 10:1-6.
- Cuarón A. D. 1991. Conservación de los primates y sus hábitats en el sur de México. Tesis de Maestría en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Costa Rica.

- Cuarón A. D. 1997. Land-cover changes and mammal conservation in Mesoamerica. Tesis Doctoral, Universidad de Cambridge, Reino Unido.
- Cuarón, A.D. 2005. Further role of zoos in conservation: monitoring wildlife use and the dilemma of receiving donated and confiscated animals. *Zoo Biology* 24: 115-124
- Cuarón, A. D., M. A. Martínez-Morales, K. W. McFadden, D. Valenzuela y M. E. Gompper. 2004. The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 13:317-331.
- Cullen, L. Jr., E. R. Bodmer y C. Valladares-Padua. 2000. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. *Biological Conservation* 95: 49 – 56.
- de Vosjoli, P., R. Klingenberg y J. Ronne. 1998. *The Boa constrictor manual*. Advance Vivarium Systems. Santee.
- Doan, T. M., 2003. Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna? *Journal of Herpetology* 37: 72 – 81.
- Emmons, L. H. 1984. Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. *Biotropica* 16: 210 – 222.
- Engstrom, M. D., C. A. Schmidt, J. C. Morales y R. C. Dowler. 1989. Records of mammals from Isla Cozumel, Quintana Roo, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 34: 413 – 449.
- Escamilla, A., M. Sanvicente, M. Sosa y C. Galindo-Leal. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the tropical forest of Calakmul, México. *Conservation Biology* 14:1592 – 1601.
- Fearn, S., L. Schwarzkopf y R. Shine. 2005. Giant snakes in tropical forests: a field study of the Australian scrub python, *Morelia kinghorni*. *Wildlife Research* 32:193 – 201.
- Fitch, H. S. 1949. Road counts of snakes in western Louisiana. *Herpetologica*. 5: 87 – 90.
- Forsman, A. 1991. Adapting variation in head size in *Vipera berus*. *Biological Journal of the Linnean Society* 43: 281 – 296.

- Fortes-Corona, I. 2004. Ecología de los roedores endémicos de la Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara.
- Fritts, T. H. y G. H. Rodda. 1998. The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:113 – 140.
- García-Vasco, D. 2005. Distribución, abundancia y aspectos poblacionales del mapache enano (*Procyon pygmaeus*), un carnívoro insular endémico. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa.
- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R. O. Bierregaard, J. R. Malcolm, P. C. Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher y S. Borges. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91:223 – 229.
- Glodek, G. S. y Voris, H. K. 1982. Marine snake diets: prey composition, diversity and overlap. *Copeia* 1982:661-666.
- González-Baca, C. 2002. Variación natural y antropogénica de la diversidad y abundancia de grandes mamíferos en la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia.
- Gotelli, N. J. 1995 *A primer of Ecology*. Sinauer Associates. Massachusetts.
- Greene, H. W. 1983. *Boa constrictor*. En: *Costarican Natural History*. Janzen (Ed.) University of Chicago Press, Illinois. Pp. 380-383.
- Greene, H. W. 1997 *Snakes: the evolution of mystery in nature*. University of California Press. London.
- Greene, H. W. y J. Rodríguez-Robles. 2003. Feeding ecology of the California mountain kingsnake, *Lampropeltis zonata* (Colubridae). *Copeia* 2:308 – 314.
- Gregory, P. T., L. H. Crampton y K. M. Skebo. 1999. Conflicts and interaction among reproduction, thermoregulation and feeding in viviparous reptiles: are gravid snakes anorexic? *Journal of Zoology (London)* 248:231 – 241.

- Gurevitch, J. y D. K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinction? *Trends in Ecology and Evolution* 19:470-474.
- Gutiérrez-Granados G. 2003. Ecología de los ratones de Cozumel y su relación con el sotobosque. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico
- Hernandez-Ibarra, X. y A. Ramirez-Bautista. 2002. Reproductive characteristics of the roundtail horned lizard *Phrynosoma modestum* (Phrynosomatidae), from the chihuahuan desert of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 47:138 – 141.
- Herrera M., L. G., K. A. Hobson, L. Mirón M., N. Ramírez P., G. Méndez C. y V. Sánchez-Cordero. 2001. Sources of protein in two species of phytophagous bats in a seasonal dry forest: evidence from stable-isotope analysis. *Journal of Mammalogy* 82:352-361.
- Hobson, K. A. y R. G. Clark. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of <sup>13</sup>C in tissues. *The Condor* 94:182:188.
- Houston, D. L. y R. Shine. 1993. Sexual dimorphism and niche divergence: feeding habits of the Arafura filesnake. *Journal of Animal Ecology* 62:737-749.
- Howell, S. N. G. 2004. An update of status of birds from Island Cozumel, Mexico. *Cotinga* 22:15 – 19.
- Howell S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. Oxford.
- Huey, R. B. y E. R. Pianka. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology* 62:991-999.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2002. Las islas también cuentan. *Gaceta Informativa INEGI* 2: 12-15.
- Janzen, D. H. 1969. Altruism by coatis in the face of predation by *Boa constrictor*. *Journal of Mammalogy* 51:387-389.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 64:65-71.

- King, R. B. 1989. Sexual dimorphism in snake tail: sexual selection, natural selection, or morphological constraint? *Biological Journal of the Linnean Society* 38:133 – 154.
- King, R. B. 2002. Predicted and observed maximum prey size -snake size allometry. *Functional Ecology* 16:766-772.
- Lee, J. C. 1996 The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press. Ithaca.
- Lee, J. C. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world. The lowlands of México, northern Guatemala and Belize. Cornell University Press
- Luiselli, L., G. C. Akani y D. Capizzi. 1998. Food resource partitioning of a community of snakes in a swamp rainforest of south-eastern Nigeria. *Journal of Zoology* (London) 246:125-133.
- Madsen, T. y R. Shine. 1999. Life history consequences of nest-site variation in tropical pythons. *Ecology* 80:989-997.
- Madsen, T. y R. Shine. 1999. Rainfall and rats: Climatically-driven dynamics of a tropical rodent populations. *Australian Journal of Ecology* 24:80-89.
- Madsen, T. y R. Shine. 2000. Silver spoons and snake body sizes: prey availability early in life influences long-term growth rates of free-ranging pythons. *Journal of Animal Ecology* 69:952-958.
- Madsen, T. y R. Shine. 2002. Short and chubby or long and slim? Food intake, growth and body condition in free-ranging pythons. *Austral Ecology* 27:672 - 680
- Malcolm, J. R. 1990. Estimation of mammalian densities in continuous forest north of Manaus. . En: A.H.Gentry (ed.) pp. 339 - 356 *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press. New Haven, Connecticut.
- Martínez-Morales, M. A. 1996. The Cozumel curassow: abundance, habitat preference and conservation. Tesis de Maestría. University of Cambridge, U.K.
- Martínez-Morales, M. A. 1999. Conservation status and habitat preferences of the Cozumel Curassaw. *The Condor* 101:14-20

- Martínez-Morales, M. A. y A. D. Cuarón. 1999. *Boa constrictor*, an introduced predator threatening the endemic fauna on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 8:957-963.
- McDowell, S. B. 1987. Systematics. En: Seigel, R. A., Collins, J. T. y Novak, S. S. (Eds.) Pp. 3 - 50. *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. MacMillan New York.
- McFadden, K. W., S. E. Wade, E. J. Dubovi, M. E. Gompper. 2005. A serological and fecal parasitologic survey of the critically endangered pygmy raccoon (*Procyon pygmaeus*). *Journal of Wildlife Disease* 41: 615 – 617.
- Miller, D. E. y H. R. Mushinsky. 1990, Foraging ecology and prey size in the mangrove water snake, *Nerodia fasciata compressicauda*. *Copeia* 4:1099-1106.
- Mushinsky, H. R. 1987. Foraging Ecology. En: Seigel, R. A., Collins, J. T. y Novak, S. S. (Eds.) Pp. 302-334. *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. MacMillan New York.
- Naganuma, K. H. y J. D. Roughgarden. 1990. Optimal body size in Lesser Antillean *Anolis* lizards- a mechanistic approach. *Ecological Monographs* 60:239 - 256
- Neu, C. W., C. R. Byers, y J. M. Peek, 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 38: 541-545.
- Nogales, M., A. Martin, B. R. Tershy, C. J. Donlan, D. Veitch, N. Puerta, B. Wood y J. Alonso. 2004. A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18:310-319.
- Pace, M. L., J. J. Cole, S. R. Carpenter y J. F. Kitchell. 1999. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 14:483-488.
- Pearson, D., R. Shine y A. Williams. 2005. Spatial ecology of a threatened python (*Morelia spilota imbricata*) and the effects of anthropogenic habitat change. *Austral Ecology* 30:261 – 274.
- Pearson, D., R. Shine y R. How. 2002. Sex-specific niche partitioning and sexual size dimorphism in Australian pythons. (*Morelia spilota imbricata*). *Biological Journal of the Linnean Society* 77:113 – 125.

- Peterson, B. J. y B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:293-320.
- Phillips, B. L. y R. Shine. 2004. Adapting to an invasive species: Toxic cane toads induce morphological change in Australian snakes. *Proceedings of the National Academy of Science* 101: 17151 – 17155.  
[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0406440101](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0406440101)
- Phillips, B. L., G. P. Brown, y R. Shine. 2003. Assessing the potential impact of cane toads on Australian snakes. *Conservation Biology* 17: 1738 – 1747.
- Phillips, B. L., G. P. Brown, y R. Shine. 2004. Assessing the potential for an evolutionary response to rapid environmental change: invasive toads and an Australian snake. *Evolutionary Ecology Research* 6: 799 – 811.
- Pyke, G. H. 1984. Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 523 – 575.
- Quick, J. S., H. K. Reinert, E. R. De Cuba y R. A. Odum. 2005. Recent occurrence and dietary habits of *Boa constrictor* on Aruba, Dutch West Indies. *Journal of Herpetology* 39: 304 – 309.
- Ramírez-Bautista, A. y D. Pardo - de la Rosa. 2002. Reproductive cycle and characteristics of the widely-foraging lizard, *Cnemidophorus communis*, from Jalisco, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 47: 205 – 214.
- Ramírez-Bautista, A. y G. Gutiérrez-Mayén. 2003. Reproductive ecology of *Sceloporus utiformis* (Sauria: Phrynosomatidae) from a tropical dry forest of Mexico. *Journal of Herpetology* 37: 1-10.
- Reagan, D. P. 1986. Foraging ecology of *Anolis stratus* in a Puerto Rican rainforest. *Biotropica* 18: 157-160.
- Reid F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico. Oxford University Press, New York.
- Richards, S. A. y A. M. De Ross. 2001. When is habitat assessment an advantage when foraging? *Animal Behaviour* 61: 1101-1112.

- Rivas, J. A. y G. M. Burghardt. 2001. Understanding sexual size dimorphism in snakes: wearing the snake's shoes. *Animal Behaviour* 62: F1-F6
- Rodríguez-Robles, J. A. y H. W. Greene. 1999. Food habits of the long-nosed snake (*Rhinocheliu lecontei*), a specialist predator?. *Journal of Zoology* (London) 248: 489-499.
- Romero-Najera I. 2004. Distribución, abundancia y uso de hábitat de *Boa constrictor* introducida a la Isla Cozumel. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Schoener, T.W., D. A. Spiller y J. B. Losos. 2001. Predators increase the risk of catastrophic extinction of prey populations. *Nature* 412: 183 - 186
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . 2002. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo*. Diario oficial de la federación (segunda sección; 6 de marzo). Pp: 1-81.
- Seth,A., M.A. Rumble, R.M. King y W.L. Baker. 1998. Evaluation of resource selection methods with different definitions of availability. *Journal of Wildlife Management* 62: 793-801.
- Shine, R. 1991. Why do larger snakes eat larger prey? *Functional Ecology* 5:493-502.
- Shine, R. 1993. Sexual dimorphism in snakes Seigel, R. y J. Collins 44 - 86 *Snakes: ecology and behavior*. Mc. Graw Hill New York.
- Shine, R. 1999. Why is sex determined by nest temperature in many reptiles? *Trends in Ecology and Evolution* 14: 186-189
- Shine, R. 2003. Reproductive strategies in snakes. *Proceedings of the Royal Society of London* 270: 995 – 1004.
- Shine, R. y T. Madsen. 1997. Prey abundance and predator reproduction: rats and pythons on a tropical Australian floodplain. *Ecology* 78: 1078 – 1086.
- Shine, R., Ambariyanto, P. S. Harlow y Mumpuni. 1999. Reticulated pythons in Sumatra: biology, harvesting and sustainability. *Biological Conservation* 87: 349-357.

- Shine, R., M. M. Olsson, I. T. Moore, M. P. LeMaster y R. T. Mason. 1999. Why do male snakes have longer tails than females? *Proceedings of the Royal Society of London* 266: 2147 – 2151.
- Shine, R., P. S. Harlow, J. S. Keogh, y Boeadi. 1998a. The influence of sex and body size on food habits of a giant tropical snake, *Python reticulatus*. *Functional Ecology* 12:248-258.
- Shine, R., P. S. Harlow, J. S. Keogh, y Boeadi. 1998b. The allometry of life-history traits: insights from a study of giant snakes (*Python reticulatus*). *Journal of Zoology* (London) 244:405-414.
- Sih, A., P. Crowley, M. McPeck, J. Petranka y K. Strohmeier. 1985. Predation, competition and prey communities: A review of field experiments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 269-311
- Sih, A., G. Englund y D. Wooster. 1998. Emergent impacts of multiple predators on prey. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 350-355.
- Sironi, M., M. Chiaraviglio, R. Cervantes, M. Bertona y M. Río. 2000. Dietary habits of *Boa constrictor occidentalis*, in the Cordoba Province, Argentina. *Amphibia-Reptilia* 21: 226-232
- Starck, M. J., P. Moser, R. A. Werner y P. Linke. 2004. Pythons metabolize prey to fuel the response to feeding. *Proceedings of the Royal Society of London* 271:903-908.
- Téllez, O., E. F. Cabrera, E. Linares y R. Bye. 1989 Las plantas de Cozumel. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Terborgh, J. 1988. The big things that run the world- A sequel to E. O. Wilson. *Conservation Biology* 2: 402-403.
- Thomas, M. E. 1974. Bats as food source for *Boa constrictor*. *Journal of Herpetology* 8: 188.
- Todd C. R., M. P. Ng. 2001. Generating unbiased correlated random survival rates for stochastic population models. *Ecological Modelling* 144: 1-11.
- Tschambers, B. 1949. *Boa constrictor* eats porcupine. *Herpetologica* 5: 141.

- UICN. 2003. *The UICN red list of threatened species*. [www.redlist.org](http://www.redlist.org)
- Ulinsky, P. S. 1972. Tongue movements in the common boa (*B. constrictor constrictor*). *Animal Behaviour* 20: 373-382.
- Vences, M., F. Glaw, J. Kosuch, W. Böhme y M. Veith. 2001. Phylogeny of South American and Malagasy Boine snakes: molecular evidence for the validity of *Sanzinia* and *Acrantophis* and biogeographic implications. *Copeia* 2001: 1151-1154.
- Watkins-Colwell, G. J. y T. A. A. M. Leenders. 2003. *Boa constrictor* maximum body size. *Journal of Herpetology*. 34: 61.
- Wright, S. J., H. Zeballos, I. Dominguez, M. Gallardo, M. Moreno y R. Ibáñez. 2000. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal, and seed predation in a Neotropical forest. *Conservation Biology* 14: 227-239.
- Wunderle J. M., J. E. Mercado, B. Parresol y E. Terranova. 2004. Spatial ecology of Puerto Rican boas (*Epicrates inornatus*) in a hurricane impacted forest. *Biotropica* 36: 555-571.