



00377

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIA BIOLÓGICAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

**Distribución, abundancia y uso de
hábitat de *Boa constrictor*
introducida a la Isla Cozumel**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

IRENE ROMERO NÁJERA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALFREDO D. GUARÓN OROZCO

MORELIA, MÉXICO



SEPTIEMBRE 2004

COORDINACIÓN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
COORDINACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

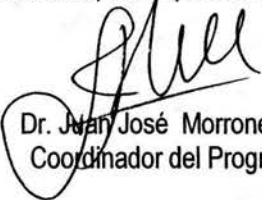
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 3 de mayo del 2004, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno(a) **Romero Nájera Irene**, con número de cuenta 90246654 con la tesis titulada: "**Distribución, abundancia y uso de hábitat de Boa constrictor introducida a la Isla Cozumel**", bajo la dirección del(a) **Dr. Alfredo D. Cuarón Orozco**.

Presidente: Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales
Vocal: Dra. Gabriela Parra Olea
Secretario: Dr. Alfredo D. Cuarón Orozco
Suplente: Dr. Aurelio Ramírez Bautista
Suplente: Dr. Andrés García Aguayo

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a, 23 de agosto del 2004


Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Irene Romero Nájera
FECHA: 8/sep/04
FIRMA: [Firma]

DEDICATORIA

Nuevamente para ustedes familia:

A Dora, mi mamá y a mis hermanos José Ramón y Laura

Gracias por su cariño incondicional en todos estos años de mi vida

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quisiera agradecer profundamente el apoyo, la asesoría y la confianza que me brindó mi asesor de tesis, Alfredo Cuarón “mil gracias por tu familia, tu paciencia, tu ayuda y buena disposición para terminar exitosamente este trabajo”.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado por la beca que me otorgaron durante el transcurso del Programa de Maestría. A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Departamento de Ecología de los Recursos Naturales del Instituto de Ecología, ahora Centro de Investigaciones en Ecosistemas, por su apoyo logístico. Asimismo, quiero agradecer el apoyo económico recibido durante el trabajo de campo por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología dentro del proyecto 33635-V y por parte del Fondo Sectorial Ambiental SEMARNAT-CONACYT dentro del proyecto SEMARNAT-2002-001-0571/A1 (ambos bajo la responsabilidad de Alfredo Cuarón). Gracias a Carolina Espinosa, Lilia Espinosa y Guillermo Ibarra por su ayuda con tantos trámites.

Quiero darle las gracias a los miembros de mi comité tutorial: Dr. Alfredo Cuarón, Dr. Víctor Hugo Reynoso y Dr. Aurelio Ramírez por todos sus comentarios en cada examen tutorial y a los dos miembros del jurado que se incorporaron posteriormente a la revisión de la tesis: Dr. Andrés García y Dra. Gabriela Parra, gracias por su apoyo y sus aportaciones a este trabajo.

Gracias al apoyo brindado durante el trabajo de campo en Cozumel a Miguel A. Martínez Morales, Jesús Benavides, Rafael Chacón, Héctor González, Raúl López Osorio, Jorge Ortega Juaquín y Ernesto Vivas. A mis compañeritos en la isla: Iris Fortes, Lupita Navarro y especialmente a Denise García-Vasco y a Christopher González (el Forro) por su

amistad y gran apoyo durante la recopilación de datos en Cozumel y también por la llegada de Diego a nuestras vidas.

Agradezco al Laboratorio del Dr. Gerardo Boco por el equipo y apoyo facilitado para la integración del Sistema de Información Geográfica de Cozumel, especialmente a Jesús Fuentes, Erna López, Manuel Mendoza y Vicente Salinas. Mil gracias a Heberto Ferreira por sacarme de tantos apuros computacionales.

A mis compañeritos del Laboratorio de Ciencia Ficción: Adriana (zacatuda), José Carlos (intrigoso), Paloma y su cuiko, al güerito Muench, Emilio, Elva, Eva y Sandra. A mis compañeritas y compañerito de la Red de Educadores Ambientales: Gaby, Laura, Meche, Raque, Lelia, Ani y Paco. A toda la familia Cuarón-Barraza, mil gracias por adoptarme en su hogar, por tantas comidas deliciosas y convivencias en su casa: Lauris, Jimenuca y Dani. A mis compañeritas de casa por tantas pláticas de sus novios (los Ch's): Margariushka y Adrianiux. A mis hijitas Rona, Telma y Tomasa por su compañía constante. A mis amiguitos en Morelia: Gaby (delfina), Janik (sapito), Rolo (pompin), Toño (cochi), Toño (la burra), Leonel, Mariana, Leonor, Cinthya, Alfredo, Karin (por sus ricas cenas y postres), Carmen, Sandro, Renecito y familia, Auro, Karla (rostrilio) y su lapa Mike, Heidi y su Renato (más bien el de mi Rona), Ana brasileira, Claudia brasileira. A mis amiguitas de la secu: Ofe, Karla, Ara y mi sobrinito Axel. A mis amigas de toda la vida: Nancy y Claudina y también mi sobrinito Adrián. A mis amiguitos de la universidad: Gisela, Adrián (incluida More), Lys, Memo y familia (sobrinito Joaquín), Laura (sobrinita Fer). A Geny, que nuestra amistad ha sobrevivido a las distancias.

Mil gracias a toda mi familia: Los Romeros y los Nájeras, incluidos primos, primas, tíos, tías y sobrinas.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES	8
Efectos de la introducción de especies exóticas	8
Actividades y uso de hábitat en serpientes	9
Relación de la estacionalidad con la conducta de las serpientes	10
OBJETIVOS.....	12
HIPÓTESIS	12
MÉTODOS.....	13
Área de estudio	13
Cobertura del terreno	13
Estimación de la distribución, abundancia y uso de hábitat de boas	14
Procesamiento de las boas	18
Distribución de boas en Cozumel	18
Tránsito vehicular	19
Análisis de datos.....	19
Análisis estadístico	21
RESULTADOS	24
Cobertura del terreno en Cozumel.....	24
Distribución de boas en la isla.....	28
Características poblacionales de las boas	29
Abundancia de boas en la isla.....	31

Abundancia temporal de boas.....	31
Abundancia espacial y uso de hábitat de boas.....	34
Abundancia de boas en zonas con influencia antropogénica	37
DISCUSIÓN.....	42
Cobertura del terreno en Cozumel.....	42
Vegetación.....	42
Caminos y carreteras	43
Distribución de boas en la isla.....	44
Características poblacionales de las boas	46
Proporción de sexos.....	46
Estructura de tamaños.....	47
Abundancia de boas en Cozumel.....	48
Abundancia temporal de boas.....	51
Abundancia de boas por horario de observación.....	51
Abundancia de boas por mes de muestreo y estación del año.....	52
Abundancia espacial y uso de hábitat de boas.....	53
Abundancia de boas en zonas con influencia antropogénica	55
Invasión de boas en Cozumel y su repercusión sobre la biota nativa.....	57
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA	62

RESUMEN

Boa constrictor fue introducida a la Isla Cozumel en 1971. La introducción de este depredador posiblemente ha afectado negativamente a las especies nativas, varias de ellas endémicas a la isla, de las cuales se alimenta. Es importante conocer en qué áreas de la isla se encuentra esta especie y qué tipos de vegetación usa con mayor frecuencia para desarrollar estrategias de manejo que reduzcan la presión de este depredador sobre la biota nativa. El objetivo de este estudio fue determinar la distribución, abundancia y uso de hábitat de *Boa constrictor* en la Isla Cozumel. Por medio de la interpretación de fotografías aéreas (febrero 2000; escala 1:75,000) de Cozumel determiné y cuantifiqué los tipos de cobertura del terreno. De julio de 2001 a diciembre de 2002 utilizamos trayectos nocturnos en carretera, trayectos diurnos a pie, muestreos intensivos en parcelas y otros encuentros con boas durante el trabajo de campo, para estimar su distribución, abundancia y uso de hábitat en cada tipo de cobertura del terreno. Encontré que el 89% de la superficie de Cozumel está cubierta por vegetación natural. La selva mediana subcaducifolia es el tipo de vegetación con mayor extensión y se restringe a la porción central de la isla. La proporción de sexos de la población de boas no difirió significativamente de 1:1. La mayoría de los individuos de ambos sexos se concentraron en una categoría de tamaño intermedia (900-1100 mm de longitud hocico-cloaca). No hubo diferencias temporales en la abundancia de boas entre horarios de observación, meses y periodos estacionales. Encontré que esta especie es generalista de hábitat y que se distribuye ampliamente en todos los tipos de vegetación y zonas geográficas de Cozumel. Sin embargo, hubo menos boas de lo esperado en la selva mediana subcaducifolia y en la porción central-norte de la isla, las cuales coinciden con las zonas con presencia humana. La proporción de boas muertas fue mayor en las zonas habitadas. En contraste, la proporción de boas vivas fue mayor en las zonas con escasa presencia humana. Al parecer, la gente es un factor regulador

importante de la población de boas en las zonas habitadas. Sin embargo, la fragmentación del terreno y el gran porcentaje de zonas deshabitadas y bien conservadas en la isla, aunado a la gran adaptabilidad de la boa, dificultan el posible control y erradicación de esta especie introducida. Estos resultados son la base de un sistema de monitoreo para evaluar las acciones de manejo que se puedan emprender para controlar las poblaciones de boa y promover la conservación de la biota nativa de Cozumel.

ABSTRACT

Boa constrictor was introduced onto Cozumel Island, Mexico in 1971. The introduction of this predator has affected negatively the native species, many of them endemic to the island, on which the boa feed. It is important to know the areas of the island where boas live in and the vegetation types they use in order to develop management strategies to reduce boa's pressure on the native biota. The objective in this study was to determine the distribution, abundance and habitat use of *Boa constrictor* on Cozumel Island. I interpreted aerial photographs (February 2000; scale 1:75,000) from Cozumel in order to delimitate and quantify land cover types on the island. From July 2001 to December 2002 we used nocturnal transects on road, diurnal transects by foot, intensive sampling plots and other boa encounters during field work, to estimate boa distribution, abundance and habitat use on each land cover type. I found that 89% of Cozumel Island has natural vegetation. The most extensive vegetation type is subdeciduous tropical forest, which is restricted to the central portion of Cozumel. The sex ratio was not different from 1:1. Most individuals of both sexes were in the intermediate size class (900-1100 mm snout-vent length). There were no temporal differences in abundance (time of day, monthly and seasonally). Results show that boas are distributed throughout the island, in all vegetation types and geographical regions. There were less boas than expected in the subdeciduous tropical forest and in the central-north region of the island, which coincide with inhabited areas. The proportion of dead boas (killed by people or roadkills) was higher in inhabited areas, while the proportion of live boas was higher in uninhabited areas. Cozumel boas are habitat generalists, which are affected by human induced mortality in inhabited areas. However, there is a vast area uninhabited by humans, with natural vegetation on the island where boas have suitable habitats available for their continuous existence on Cozumel. This situation, and the adaptability of the boa, makes the control or eradication of this introduced

species a major conservation challenge. These results are part of a monitoring system to assess management actions undertaken to control the boa population and to promote the conservation of Cozumel's native biota.

INTRODUCCIÓN

La distribución, abundancia y uso de hábitat de las especies puede variar temporal y espacialmente (Andrewartha y Birch 1974), debido a que están relacionados principalmente a las características ambientales que se encuentren en el ecosistema (Seigel *et al.* 1987).

Adicionalmente existen otros factores secundarios, pero no menos importantes, que influyen en la abundancia y en el uso de hábitat, como la fragmentación de la vegetación por causas naturales o asociadas a las actividades humanas (Seigel *et al.* 1987, Arthur *et al.* 1996, Cuarón 2000a).

La vegetación, o más general la cobertura del terreno, es un buen indicador del hábitat de la vida silvestre (Cuarón 2000b), ya que esta variable engloba otros parámetros ambientales que son importantes para las especies, como lo son los factores climáticos (precipitación, temperatura), geográficos (latitud, altitud), geológicos, edáficos y otras características locales (Rzedowski 1981, Barbour *et al.* 1987). Adicionalmente, la abundancia y el uso de hábitat de las especies silvestres están relacionados a características del microhábitat como la disponibilidad de alimento y de refugios, así como la sobrepoblación de individuos en un mismo sitio (Seigel *et al.* 1987).

La introducción de especies exóticas es uno de los tipos de perturbación más dañinos para la diversidad biológica (Sakai *et al.* 2001). Las especies introducidas pueden provocar efectos negativos en los ecosistemas y las islas geográficas o ecológicas son particularmente vulnerables a éstas. Por ejemplo, la introducción de la serpiente *Boiga irregularis* a la Isla Guam causó la extinción de la mayoría de los vertebrados nativos en la isla (Fritts y Rodda 1998). Debido a las consecuencias que puede traer consigo la introducción de una especie exótica, es necesario comprender algunas de sus características biológicas como su

distribución local, abundancia y uso de hábitat para implementar programas de manejo bien informados.

Boa constrictor fue introducida a la Isla Cozumel en 1971 (Martínez-Morales y Cuarón 1999). Las poblaciones naturales de esta serpiente están ampliamente distribuidas en la región neotropical, desde el norte de México hasta Argentina (Greene 1997). Es una serpiente vivípara muy prolifera y un depredador generalista (Sironi *et al.* 2000, Bertona y Chiaraviglio 2003, Chiaraviglio *et al.* 2003). Debido a la explotación comercial y a la pérdida de hábitat, *Boa constrictor* es considerada como una especie amenazada en México y en otros países (SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2002, Chiaraviglio *et al.* 2003). A pesar de que la boa es una serpiente popular con una distribución natural amplia, esta especie sólo ha sido estudiada en vida libre hasta hace poco (Martínez-Morales y Cuarón 1999, Sironi *et al.* 2000, Chiaraviglio *et al.* 2001, Bertona y Chiaraviglio 2003, Chiaraviglio *et al.* 2003). La mayoría de las publicaciones sobre esta serpiente están basadas en información anecdótica, bibliográfica o enfocadas a ejemplares decomisados o en cautiverio (Bertona *et al.* 1988, Rodríguez 1984, Stone y Holtzman 1996, Greene 1997, Kennedy y Kennedy 2001, Wang *et al.* 2001, Correa-Sánchez y Godínez-Cano 2002, Boback 2003).

Boa constrictor está actualmente ampliamente distribuida en la Isla Cozumel (Martínez-Morales y Cuarón 1999). El hecho de que es un depredador prolífero y generalista, aunado a que no tiene depredadores que regulen su tamaño poblacional en Cozumel, pudo haber facilitado su establecimiento en la isla (Martínez-Morales y Cuarón 1999). Debido a que no hay depredadores importantes que consuman a los vertebrados nativos de Cozumel, *Boa constrictor* probablemente se ha colocado en el nivel más alto de la cadena trófica como una especie clave produciendo efectos en cascada, interfiriendo con la dinámica de todo el sistema insular. Lo cual, posiblemente ha causado un decremento en las poblaciones de las especies

nativas, muchas de las cuales son endémicas a la isla (Martínez-Morales 1999, Martínez-Morales y Cuarón 1999, Cuarón *et al.* 2004).

Con esta investigación determiné la distribución local, abundancia y uso de hábitat de *Boa constrictor* en la Isla Cozumel, tomando en cuenta sus patrones espacio-temporales. Para ello, consideré los diferentes tipos de cobertura del terreno y las áreas con diferente grado de presencia humana. Adicionalmente consideré la variación temporal en la actividad de la boa durante la noche y su abundancia por mes y estación del año. Esta información ayudará a identificar las zonas de Cozumel donde las boas son más abundantes y los tipos de vegetación relacionados con su presencia para dirigir algunas acciones de manejo bien informadas hacia la erradicación o control de este depredador para promover la conservación de la biota nativa de la Isla Cozumel. Esta información será además de utilidad en las zonas donde se pretenda utilizar o conservar a las poblaciones naturales de *Boa constrictor*.

ANTECEDENTES

Efectos de la introducción de especies exóticas

Una perturbación ambiental, en general, está definida como un proceso discreto, que mata, desplaza o daña a uno o más individuos dentro de una comunidad (Sousa 1984). Dentro de una red trófica, los depredadores clave se consideran elementos importantes para mantener la diversidad del sistema (Paine 1966). Sin embargo, la introducción de depredadores exóticos es una de las perturbaciones más graves para una comunidad, especialmente en islas donde las especies nativas han evolucionado en ausencia de éstos (Sutherland 2000). Esta introducción de depredadores es una de las causas principales de extinción de especies nativas (Fritts y Rodda 1998, Roemer *et al.* 2001, Zavaleta *et al.* 2001, Roemer *et al.* 2002) o por lo menos, podrían propiciar la disminución de las poblaciones de la fauna nativa (Fritts y Rodda 1998, Martínez-Morales y Cuarón 1999, Roemer *et al.* 2001, Roemer *et al.* 2002). Esto puede deberse a que se intensifica la depredación, la competencia, la hibridación y la introducción de enfermedades (Maynard Smith 1989, Sutherland 2000, Cuarón *et al.* 2004).

Una vez que la especie introducida se ha establecido en el sistema es muy difícil erradicarla o detener su crecimiento poblacional (Veitch y Clout 2002). Algunas alternativas son controlar, eliminar, excluir o cambiar la conducta del depredador introducido. Para controlar la reproducción y expansión de la especie es necesaria la prevención de otras posibles fuentes donde se pudieran estar infiltrando más individuos o incluso otras especies exóticas. Para eliminar a la población introducida se requiere un monitoreo constante de la misma y posteriormente se puede erradicar capturando individuos para luego removerlos del sistema. Para excluirla se pueden construir barreras que eviten que se dispersen en todo el ecosistema. Finalmente, para cambiar su conducta se requiere manipular el comportamiento a través de distractores como, el proporcionar alimento al depredador en épocas críticas para la

supervivencia de las especies nativas como son los periodos de reproducción, de crianza y de apareamiento (Sutherland 2000). Sin embargo, antes de remover una especie exótica deben estudiarse detalladamente los posibles efectos que puede traer consigo dicha remoción, ya que en algunas ocasiones el resultado puede ser contraproducente al facilitar el establecimiento de otras especies exóticas. Asimismo, una vez removida la especie debe dársele seguimiento para verificar que los procesos del sistema se restablezcan y evaluar el éxito obtenido después de la remoción (Zavaleta *et al.* 2001).

Actividades y uso de hábitat en serpientes

Los patrones de actividad y uso de hábitat en las serpientes están relacionados a una variedad de factores bióticos y abióticos (Seigel *et al.* 1987). Las actividades de las serpientes no siempre son iguales en los diferentes estadios de su ciclo de vida, ya que los requerimientos dependen del sexo, de la condición y del grado de desarrollo de los individuos o clase de edad (Seigel *et al.* 1987, Secor 1994). En general, los machos presentan una mayor actividad en el periodo de apareamiento, mientras que las hembras grávidas tienden a ser sedentarias (Madsen 1984, Secor 1994). En cuanto a las actividades según la edad y desarrollo de los individuos, se ha observado que los juveniles son regularmente más activos que los adultos ya que debido a su falta de experiencia, requieren más tiempo para encontrar sitios favorables para su alimentación y refugio (Secor 1994).

Con respecto al uso de hábitat se ha encontrado que la distribución y la abundancia de las serpientes en un sitio están determinadas principalmente por la abundancia de presas y la disponibilidad de refugios (Madsen 1984, Madsen y Shine 1996). Sin embargo, existen otros factores adicionales que pueden delimitar el ámbito hogareño, entre los que se encuentran el efecto de borde natural o antropogénico y la sobrepoblación de individuos en una misma área

(Seigel *et al.* 1987). En las zonas tropicales, la territorialidad disminuye debido a las condiciones homogéneas y a la abundancia de recursos (Secor 1994, Madsen y Shine 1996).

Relación de la estacionalidad con la conducta de las serpientes

El microclima de un sitio influye en la conducta de las serpientes debido a que son organismos que requieren de cierta temperatura y humedad para termorregular, para mudar y para reproducirse (Peterson 1987, Dalrymple *et al.* 1991, Secor 1994, Greene 1997). Este microclima está determinado principalmente por la estacionalidad que ocurre a lo largo del año. De acuerdo a la estación cada especie puede presentar uno o varios picos de actividad (Dalrymple *et al.* 1991). Asimismo, la disponibilidad de alimento puede variar en cada estación, por lo que los depredadores tienden a migrar conforme los movimientos de sus presas (Madsen y Shine 1996).

En un trabajo realizado en Florida por Dalrymple *et al.* (1991), se observó que las serpientes ovíparas y las vivíparas pueden tener diferentes patrones de actividad en el transcurso del año. En el caso particular de la boa se ha observado que esta especie es muy sensible a la variación de temperatura, por lo que predomina un patrón de actividades sedentario debido a que en las hembras el costo de la viviparidad implica conservar temperaturas altas por periodos prolongados. Asimismo, las hembras grávidas presentan una alta vulnerabilidad a la depredación, ambos factores ocasionan que éstas disminuyan su actividad antes de parir (Greene 1997).

En cuanto a la relación que existe en la distribución espacial entre presas y depredadores, se ha observado que el pitón de Australia (*Morelia spilota*) lleva a cabo migraciones que están en función del desplazamiento de sus presas. Estas presas son

principalmente ratones y éstos migran a zonas de mayor precipitación donde encuentran más alimento disponible (Madsen y Shine 1996).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar la distribución, la abundancia y el uso de hábitat de *Boa constrictor* en la Isla Cozumel, México, tomando en cuenta sus patrones espacio-temporales.

Objetivos particulares:

1. Caracterizar la cobertura del terreno en la Isla Cozumel.
2. Determinar la distribución de boas en la isla.
3. Estimar la abundancia temporal de boas por hora del día, por mes y por estación del año.
4. Estimar la abundancia espacial y el uso de hábitat de boas por tipo de vegetación y zona geográfica de la isla.
5. Comparar la abundancia de boas en zonas con distinta influencia antropogénica.
6. Relacionar la abundancia de boas con el número de automóviles por trayecto en carretera.

HIPÓTESIS

1. Las boas utilizarán de manera diferencial los distintos tipos de coberturas del terreno en la Isla Cozumel.
2. La abundancia de boas variará por hora del día, por mes y por estación del año.
3. La abundancia de boas será diferente en cada zona geográfica de la isla, incrementándose en las zonas donde se encuentren los tipos de vegetación que utilicen con mayor frecuencia.
4. La relación entre la abundancia de boas y la presencia humana será inversamente proporcional.

MÉTODOS

Área de estudio

La Isla Cozumel, Quintana Roo, tiene una superficie aproximada de 490 km². Se encuentra ubicada al noreste de la Península de Yucatán (20°20'N, 87°00'E; 20°30'N, 86°50'E). El material que la constituye es de tipo calizo. El clima que presenta es cálido húmedo con lluvias intensas en verano (Téllez *et al.* 1989). La precipitación anual es de 1,607 mm (el mes con menor precipitación es marzo con 44.1 mm y el mes con mayor precipitación es septiembre con 241.6 mm). La temperatura media anual es de 25.5 °C (los meses más cálidos son julio y agosto con 27.3 °C y el mes más frío es enero con 22.9 °C; García 1988). Los tipos de vegetación natural predominantes en la isla son la selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia, manglar, tular, vegetación de dunas costeras y tasistal (Téllez *et al.* 1989).

Cobertura del terreno

Para elaborar un mapa de cobertura del terreno delimité los tipos de cobertura en la isla por medio de la interpretación de fotografías aéreas en blanco y negro tomadas el 9 de febrero de 2000 a una escala de 1:75,000. Una vez delimitados los tipos de cobertura realicé una verificación en campo en la que fueron validados los polígonos fotointerpretados.

Adicionalmente fueron georeferenciados por lo menos cinco puntos de cada fotografía interpretada. Posteriormente corregí los polígonos interpretados de manera errónea para finalmente digitalizarlos y georeferenciarlos. De igual manera digitalicé e interpreté las carreteras y los caminos de la isla.

Elaboré dos mapas por separado, uno sobre cobertura del terreno y otro sobre carreteras y caminos, con el programa ILWIS versión 3.0. Para el producto final sobrepuse

ambos mapas generando un mapa final que incluye una leyenda correspondiente a cada tipo de cobertura del terreno y a los tipos de carreteras y caminos en la isla.

Estimación de la distribución, abundancia y uso de hábitat de boas

Para los análisis de distribución, abundancia espacio-temporal y uso de hábitat de la boa utilicé los siguientes métodos: trayectos nocturnos en carretera, trayectos diurnos a pie y búsqueda intensiva en parcelas (Doan 2003, Resources Inventory Committee, 1998).

Asimismo, las boas registradas por encuentros ocasionales fueron incorporadas al análisis de distribución de boas en Cozumel. La recopilación de la información de campo la realicé con la ayuda del equipo de trabajo involucrado en un proyecto de investigación mas amplio sobre la ecología y manejo de la biota nativa de Cozumel y el efecto de las especies introducidas y ferales.

Trayectos nocturnos en carretera. A partir de julio del 2001 hasta noviembre del 2002, registramos boas por medio de muestreos nocturnos en automóvil a una velocidad constante de 40 km/hr. Estos muestreos los hicimos en la carretera que rodea la isla, la cual dividí en cinco tramos independientes (Fig.1, Cuadro 1). Estos tramos abarcan los cuatro puntos cardinales y presentan distintos tipos de vegetación e influencia antropogénica (Fig. 1, Cuadro 1). Acumulamos un esfuerzo de muestreo total de 1902 km. Los recorridos los iniciamos en el atardecer entre las 17:00 y 22:00 hrs con la finalidad de registrar la actividad nocturna de los individuos. Cada boa, viva o muerta, que observamos fue registrada en formatos previamente elaborados, en los cuales se incluye la fecha, el tramo recorrido, coordenadas en unidades métricas obtenidas con GPS, hora de observación, vegetación asociada a la carretera y observaciones adicionales como: marcas particulares sobresalientes, si estaban vivas o muertas

y en caso de estar muertas, la causa probable de su muerte. Cuando fue posible capturamos al individuo para su posterior procesamiento en el laboratorio.

Cuadro 1. Características de los cinco tramos de la carretera que rodea Cozumel. SM = Selva mediana subcaducifolia, VDC = Vegetación de dunas costeras, SB = Selva baja subcaducifolia.

Tramo	Longitud (km)	Porción geográfica	Tipo de vegetación	Influencia antropogénica
1	10	Central-norte	SM	Con presencia humana
2	10	Este	VDC	Con escasa presencia humana
3	10	Sur-este	VDC	Con escasa presencia humana
4	10	Sur	SB	Con escasa presencia humana
5	14	Sur-oeste	SM	Con presencia humana

Trayectos diurnos a pie. En agosto del 2002, abrimos y marcamos cada 25 m nueve senderos en el interior de la vegetación. Los nueve senderos suman un total de 24,850 m. La longitud de los senderos variaron de 750 m a 4000 m (Cuadro 2). Los trayectos estuvieron distribuidos en diferentes zonas de la isla, abarcando desde la porción central norte hasta la porción sur (Fig. 1).

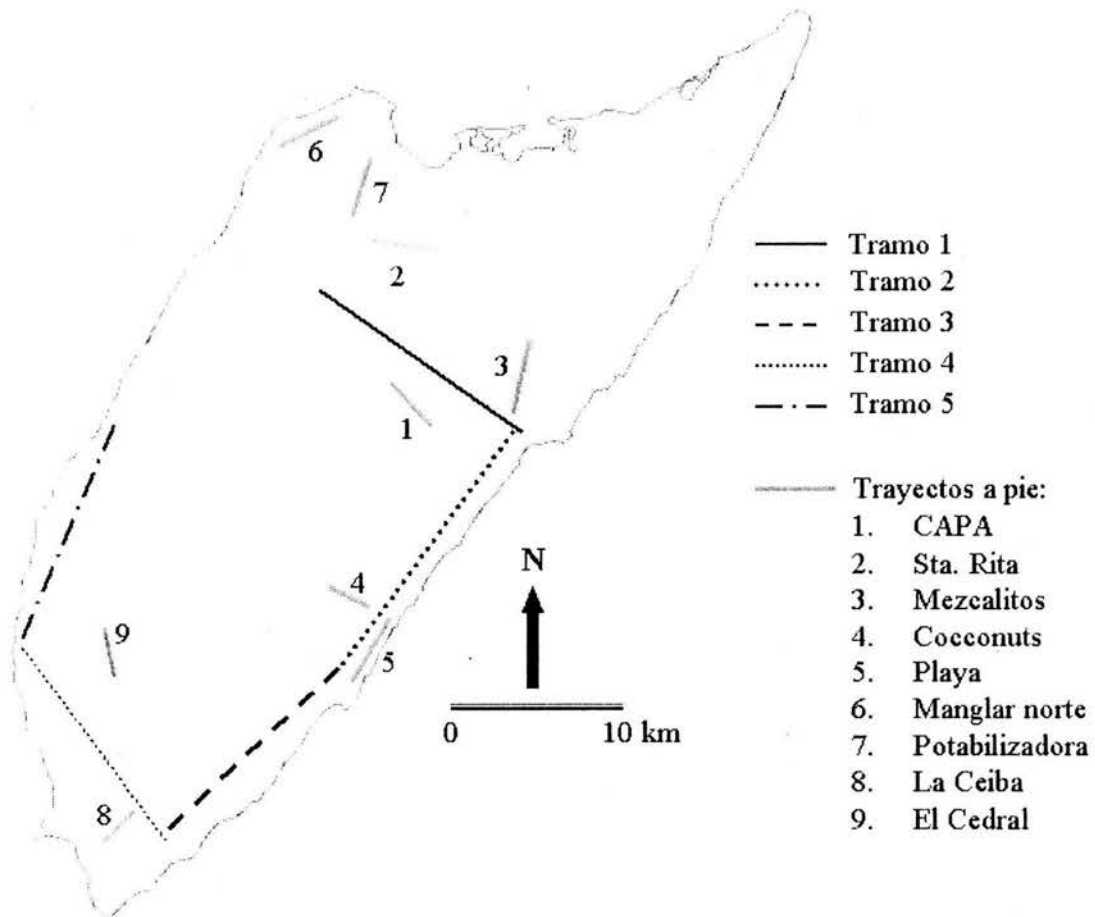


Figura 1. Mapa de la Isla Cozumel donde se muestran los cinco tramos de carretera considerados en el estudio y la ubicación aproximada de los nueve senderos de los trayectos diurnos a pie recorridos. Las líneas que indican los tramos de carretera y los senderos no están representadas a escala.

Los senderos abarcaron distintas zonas geográficas y los tipos de vegetación predominantes en la isla: selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia, vegetación de dunas costeras, manglar, tasistal y cultivos. La mayoría de los senderos presentó varios tipos de vegetación (Cuadro 2).

Recorrimos los senderos una vez por mes (octubre, noviembre y diciembre de 2002) iniciándolos al amanecer (a las 6:00 hr generalmente) a una velocidad de 1 km/hr. Acumulamos un esfuerzo de muestreo total de 140 km. Al observar un animal, registramos la fecha, la hora del día, el tipo de vegetación, la especie, número de individuos, la ubicación del observador en el sendero, la distancia perpendicular del animal al sendero, la distancia del animal al observador, el ángulo entre esta última distancia y el sendero, la actividad del animal, el sustrato en el que se encontraba y otras observaciones, como por ejemplo, las condiciones climáticas generales.

Cuadro 2. Características de los senderos utilizados para los trayectos diurnos a pie.

Trayecto	Longitud (m)	Tipos de vegetación
1	3900	Selva mediana subcaducifolia, tulares y manglar
2	3800	Selva mediana subcaducifolia y pastizales
3	4000	Selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia
4	1650	Vegetación de dunas costeras, tasistal, manglar, selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia
5	2500	Vegetación de dunas costeras
6	1650	Manglar
7	4000	Selva mediana subcaducifolia
8	750	Selva baja subcaducifolia y manglar
9	2600	Selva mediana subcaducifolia

Búsqueda intensiva en parcelas. Establecimos parcelas de 5 x 25 (125 m²) para realizar búsquedas intensivas de boas. Ubicamos las parcelas aleatoriamente a los lados de los senderos utilizados para los trayectos diurnos a pie (Fig. 1) que abarcan los distintos tipos de vegetación (Cuadro 2). Recopilamos datos una vez por mes (octubre, noviembre y diciembre de 2002) en cada sendero (usualmente dos parcelas por sendero por mes). Logramos muestrear 75 parcelas de búsqueda intensiva, con lo que acumulamos un esfuerzo de muestreo total de 9375 m². El procedimiento fue buscar boas por debajo de piedras, troncos, hoyos y hojarasca. Asimismo observamos en las ramas y en las copas de los árboles y arbustos que se encontraban dentro de la parcela.

Procesamiento de las boas

Para cada boa observada durante el muestreo con los métodos anteriores o durante encuentros casuales, registramos la ubicación con un GPS, la hora de observación y la actividad del animal. Para cada boa viva capturada, registramos las medidas morfométricas estándar como la longitud total, la longitud de la cola y la longitud hocico-cloaca. Asimismo, registramos su peso y sexo. En este estudio sólo consideré la longitud hocico-cloaca. Posteriormente las liberamos en la misma ubicación donde las encontramos. Las boas encontradas muertas fueron procesadas de igual manera que las vivas, sin embargo, cuando encontramos boas muertas en avanzado estado de descomposición, sólo registramos las medidas morfométricas posibles de determinar y en algunos casos logramos identificar su sexo.

Distribución de boas en Cozumel

Para visualizar la distribución de las boas en la isla, elaboré un mapa de puntos con el programa ILWIS versión 3.0, donde se representan los sitios georeferenciados con GPS de la

ubicación de las boas registradas en los muestreos nocturnos y en encuentros casuales.

Posteriormente sobrepuse este mapa con el de cobertura del terreno de Cozumel.

Tránsito vehicular

Dado que muchas boas son atropelladas, estimamos el tránsito vehicular para relacionarlo con la abundancia de boas por tramo de carretera. Para ello, contamos el número de automóviles que pasaron en dirección contraria a la que íbamos nosotros durante los muestreos nocturnos. El registro de los automóviles lo realizamos en agosto, octubre y noviembre de 2002. La abundancia de automóviles la calculé como el promedio de vehículos por km que transitaron en cada tramo de carretera.

Análisis de datos

Características poblacionales de las boas. Del total de boas registradas, tanto de los muestreos nocturnos en carretera como de encuentros ocasionales, obtuve la proporción de sexos y la estructura de tamaños. Adicionalmente, describí la proporción de individuos muertos y vivos.

Abundancia de boas en la isla. Para el caso de los trayectos nocturnos en carretera utilicé como índice de abundancia de boas el promedio de abundancia por recorrido (individuos/10 km). En todos los casos reporté la media del índice de abundancia \pm un error estándar.

Asimismo, calculé índices de abundancia temporal (hora, mes y estación del año), índices de abundancia espacial (tipo de vegetación y zona geográfica) e índices de abundancia por influencia antropogénica (presencia humana y escasa presencia humana). En el caso de la abundancia por horario de observación, estimé un índice (ind/hr) cuyo esfuerzo de muestreo

ya está considerado en el mismo. En este caso, el esfuerzo de muestreo fue el número de minutos invertidos por cada intervalo de hora.

Abundancia temporal de boas. Analicé la abundancia de boas desde tres puntos de vista: por horario de observación, por mes de muestreo y por estación del año. La abundancia por horario de observación la estimé a partir de ocho categorías, en las que cada una comprende un intervalo de una hora de observación (comenzando de las 17:00 a la 1:00 hr).

Posteriormente, dividí el número de individuos observados por el esfuerzo de muestreo en minutos en cada hora de observación. Finalmente, estimé la abundancia promedio por horario de observación (individuos/hora \pm un error estándar). La abundancia por mes de muestreo la obtuve al dividir el número de individuos por el número de kilómetros recorridos en cada uno de los días muestreados por mes y posteriormente, estimé la abundancia promedio (individuos/10 km \pm un error estándar) para cada mes de muestreo. La abundancia de boas por estación del año, la estimé agrupando las boas que encontramos en los meses correspondientes a cada estación. Nuevamente dividí el número de boas por el número de kilómetros recorridos en cada mes de muestreo y posteriormente obtuve el promedio de abundancia de boas (individuos/10 km \pm un error estándar) por estación del año. Consideré los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril como estación seca y los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre como estación lluviosa.

Abundancia espacial de boas. Analicé la abundancia por tipo de vegetación y por zona geográfica de la isla. La abundancia de boas por tipo de vegetación, la estimé considerando los tres tipos de vegetación que estuvieron asociados a la carretera: selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia y vegetación de dunas costeras. Obtuve el promedio de abundancia de boas (individuos/10 km \pm un error estándar) de los tramos de carretera 1 y 5 (selva mediana subcaducifolia), de los tramos de carretera 2 y 3 (vegetación de dunas costeras) y del tramo 4

(selva baja subcaducifolia). Estimé el promedio de abundancia (individuos/10 km \pm un error estándar) por tramo de carretera a partir de los cinco tramos en los que fragmenté la carretera y que corresponden a diferentes regiones geográficas de la isla (Fig. 1, Cuadro 1).

Abundancia de boas en zonas con diferente influencia antropogénica. Obtuve el promedio de abundancia de las boas vivas y de las boas muertas (individuos/10 km \pm un error estándar) en los tramos de carretera 1 y 5 que estuvieron asociados a la presencia humana y en los tramos 2, 3 y 4 que presentaron una escasa presencia humana (Cuadro 1). En las áreas con presencia humana existían casas, ranchos, hoteles y otras instalaciones turísticas. En las áreas con escasa presencia humana solo existían restaurantes aislados (aproximadamente uno cada 10 km).

Para los meses de agosto, octubre y noviembre de 2002, estimé la abundancia de automóviles y la abundancia de boas por tramo de carretera con el fin de relacionar la abundancia de boas con el tránsito vehicular.

Uso de hábitat de boas. Para determinar si las boas usan de acuerdo a lo esperado los distintos tipos de hábitat, realicé un análisis basado en los intervalos de Bonferroni (Neu *et al.* 1974) con el programa HABUSE (Byers *et al.* 1984). Este programa utiliza pruebas no paramétricas (χ^2) para estimar un intervalo de confianza entre la proporción de individuos esperados y la proporción de individuos observados en cada categoría de hábitat muestreado. La proporción de individuos esperados se obtiene de acuerdo a la proporción de individuos observados con respecto a la proporción de cada hábitat muestreado. Hice un análisis por tipo de vegetación y otro por zona geográfica de la isla.

Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos me base en Sokal y Rohlf (1986) y en Zar (1984). Ninguno de los datos descritos por promedios se ajustaron a una curva normal o tuvieron varianzas

homogéneas, por lo que utilicé pruebas no paramétricas. En el caso de datos descritos por frecuencias (la proporción de sexos y la estructura de tamaños), utilicé la prueba de G (*log-likelihood ratio test*) para comparar las diferencias entre los datos observados con lo esperado al azar. Asimismo, comparé la estructura de tamaños con una curva de crecimiento exponencial esperada. Para estimar los valores esperados de acuerdo al modelo de crecimiento exponencial, le sume uno al total de cada categoría de tamaño para poder utilizar la fórmula

$$Y = e^{(b_0 + b_1 x t)},$$

ya que la frecuencia en dos de las categorías fue de cero. Adicionalmente, comparé la estructura de tamaños con una curva normal mediante un análisis de Kolmogorov-Smirnov.

Para distinguir las diferencias en la abundancia de boas entre horarios de observación, entre meses, entre las dos estaciones de cada año, entre tipos de vegetación y entre zonas geográficas de la isla, utilicé la prueba de Kruskal-Wallis.

Para distinguir las diferencias en la abundancia de boas entre las zonas con presencia humana y las zonas con escasa presencia humana, y para comparar la abundancia entre boas vivas y muertas, utilicé pruebas de Mann-Whitney. Posteriormente elaboré un cuadro de contingencias de G para verificar la interacción entre los factores (viva-muerta y presencia humana), en la que se comparan las frecuencias de los valores observados y la de los valores esperados para cada factor.

Para determinar tanto la relación entre el número de boas y el esfuerzo de muestreo por horario de observación como la relación entre la abundancia de boas y la abundancia de automóviles (tránsito vehicular) durante los muestreos nocturnos en carretera, estimé el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación de Pearson (Zar 1984).

El cálculo de los valores esperados de la estructura de tamaños de acuerdo a una curva de crecimiento exponencial, el coeficiente de correlación de Pearson, las pruebas de Kruskal-

Wallis, la de Kolmogorov-Smirnov y la de Mann-Whitney las realicé con el programa SPSS versión 10.0 para Windows. Para los cálculos de las pruebas de G utilicé el programa EXCEL.

RESULTADOS

Cobertura del terreno en Cozumel

La superficie total de la isla es de aproximadamente 476.66 km² de los cuales 423.25 km² (88.8%) son de vegetación natural. El tipo de vegetación más extenso es la selva mediana subcaducifolia, la cual ocupa un área de 310.51 km² (65%) y la que cuenta con una menor superficie es el acahual con 0.11 km² (0.02%). Las zonas antropogénicas, que incluyen la ciudad, escasos asentamientos humanos y áreas transformadas en cultivos cubren tan sólo 53.57 km² (11%), en tanto que los cuerpos de agua dulce que pude visualizar en las fotografías aéreas comprenden una superficie de 17.84 km² (3.7%, Cuadro 3).

Al analizar las fotografías aéreas existieron polígonos con textura homogénea donde no me fue posible delimitar los tipos de vegetación que se encontraron en ellos, por lo que los catalogué como polígonos con mezcla de vegetación la cual fue verificada en campo. Un ejemplo de ello fue la vegetación de dunas costeras con tasistal y el manglar con tulares.

En general, existe un gradiente de vegetación bien definido que inicia a partir de la franja costera este con la vegetación de dunas costeras seguida por el tasistal, el manglar, la selva baja subcaducifolia y que culmina con la selva mediana subcaducifolia en la porción central de la isla, la cual se extiende hasta la costa oeste donde también persisten manchones de manglar (Fig. 2). En los extremos norte y sur existen lagunas costeras que tienen asociados manglares y tulares. Tanto en la costa este como oeste, pero especialmente en la primera, existen algunas pequeñas lagunas costeras que generalmente tienen asociado tulares y manglares. Los únicos otros cuerpos de agua que existen en la isla son cenotes y aguadas (zonas inundables estacionalmente) que por su pequeño tamaño no me fue posible delimitar en la fotografía aérea pero que durante la verificación de campo pude observar y ubicar algunos de ellos.

Cuadro 3. Tipos de cobertura del terreno en la Isla Cozumel. Se muestra el área en km² para cada tipo de cobertura y el porcentaje del total. Las categorías donde hay más de un tipo de vegetación denotan la mezcla de tipos de vegetación en un mismo polígono.

Tipo de Cobertura	Área	
	(km ²)	(%)
Acahual	0.11	0.02
Manglar	15.99	3.35
Manglar-Tasistal	7.36	1.54
Manglar-Tasistal-Vegetación de dunas costeras	6.84	1.43
Manglar-Tular	0.21	0.04
Mangle rojo	10.95	2.30
Mangle blanco	33.51	7.03
Selva baja subcaducifolia	24.70	5.18
Selva baja subcaducifolia-Manglar	2.35	0.49
Selva mediana subcaducifolia	310.51	65.14
Tasistal	1.89	0.40
Tasistal-Vegetación de dunas costeras	7.16	1.50
Vegetación de dunas costeras	0.63	0.13
Vegetación de dunas costeras-Manglar	1.04	0.22
Zonas antropogénicas	35.57	7.46
Cuerpos de agua	17.84	3.74
TOTAL	476.66	100

Existe sólo una carretera pavimentada en la isla. Ésta circunda poco más de la mitad de la isla (principalmente en la porción sur) y tiene un tramo que la cruza transversalmente de noroeste a noreste. A los lados de esta carretera se pueden observar la mayoría de los tipos de coberturas del terreno (Fig. 2). La carretera transversal ha fraccionado la vegetación en dos zonas principales de vegetación continua: la zona norte y la zona sur (Fig. 2). Asimismo, existen caminos de terracería y caminos revestidos que por lo general llegan a ranchos o a pequeños asentamientos humanos. Los caminos más notables son los que se encuentran en la porción central de la isla donde existe un sistema de pozos administrado por la Compañía de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) que provee de agua dulce a la ciudad. Esta zona no está habitada y es la principal zona donde se mantiene la conectividad en la vegetación, siendo sólo interrumpida por la carretera transversal. La zona noreste de la isla es de difícil acceso y está comunicada solamente por un camino de terracería.

La población humana está concentrada en la ciudad de San Miguel. El único otro poblado es El Cedral, ubicado en la porción suroeste de la isla. Existen además algunos ranchos dispersos, principalmente en ambos lados de la carretera transversal. Las zonas hoteleras, los muelles y el club de golf están ubicados en la costa oeste de Cozumel. En la costa este se pueden encontrar solamente el basurero municipal y algunos restaurantes o instalaciones turísticas aisladas. En el extremo sur de la isla se localiza el Refugio Estatal de Flora y Fauna Laguna de Colombia, mejor conocido como Parque Punta Sur. Esta distribución de la población humana ha dejado una gran área deshabitada que presenta vegetación natural conservada (Fig. 2).

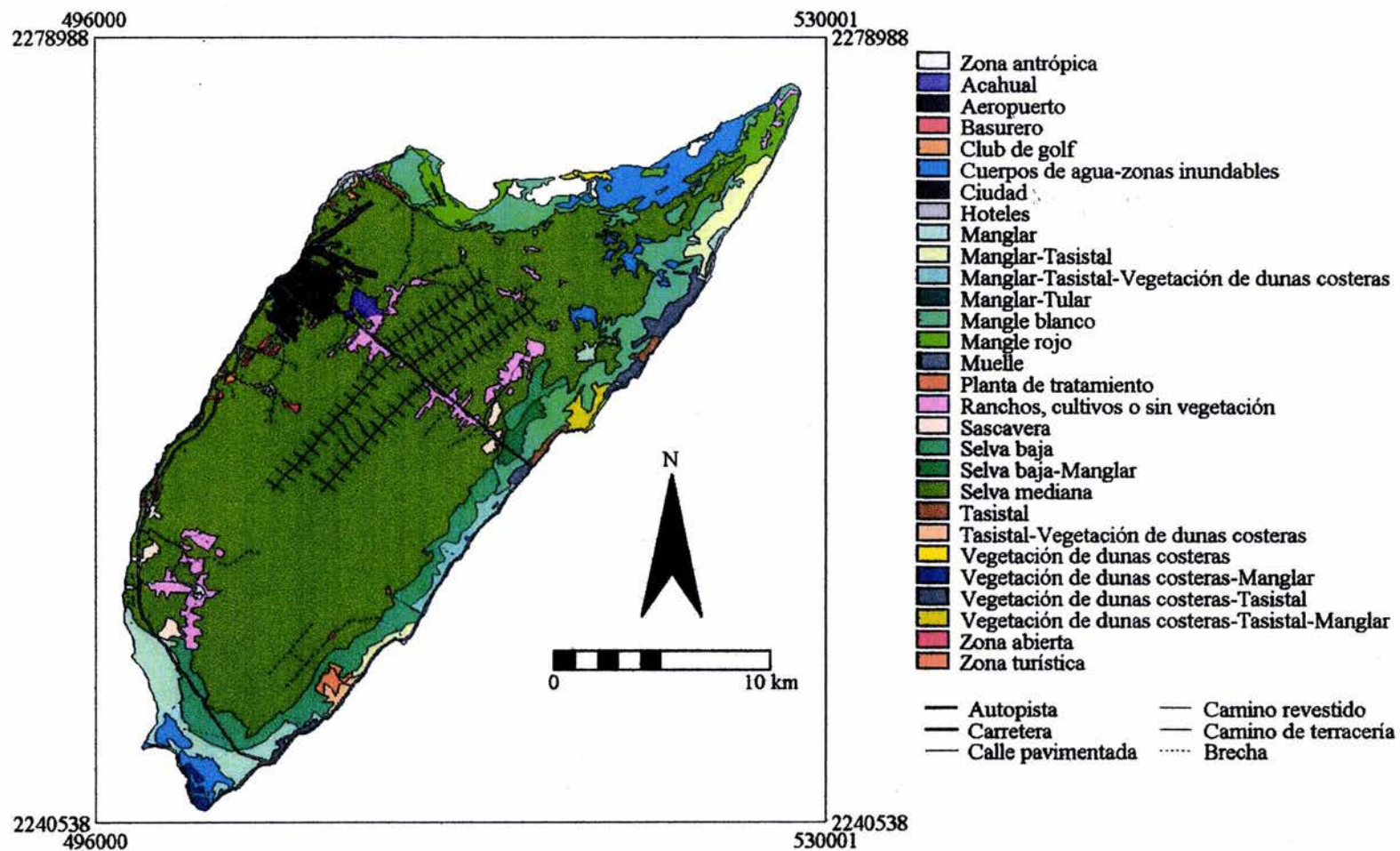


Figura 2. Mapa de la Isla Cozumel donde se muestran los tipos de caminos y de coberturas del terreno (basado en la interpretación de fotografías aéreas de febrero de 2000, escala 1:75,000).

Distribución de boas en la isla

Encontramos boas en todas las zonas de la isla a las que tuvimos acceso (Fig. 3). En el mapa se encuentran representadas 28 ejemplares de boas registradas por encuentros ocasionales y 21 de muestreos nocturnos en carretera (Fig. 3). De las 28 boas de encuentros ocasionales, 22 de ellas estaban muertas y 6 vivas. Mientras que de las 21 boas de los muestreos nocturnos en carretera, 7 estaban muertas y 14 vivas. La ubicación de estos organismos abarcó todos los tipos de coberturas del terreno tanto en zonas habitadas como en zonas deshabitadas. Debido a la dificultad del acceso no fue posible visitar la porción noreste ni la porción central sur de la isla para la búsqueda de boas por lo que no se obtuvieron registros para esas zonas.

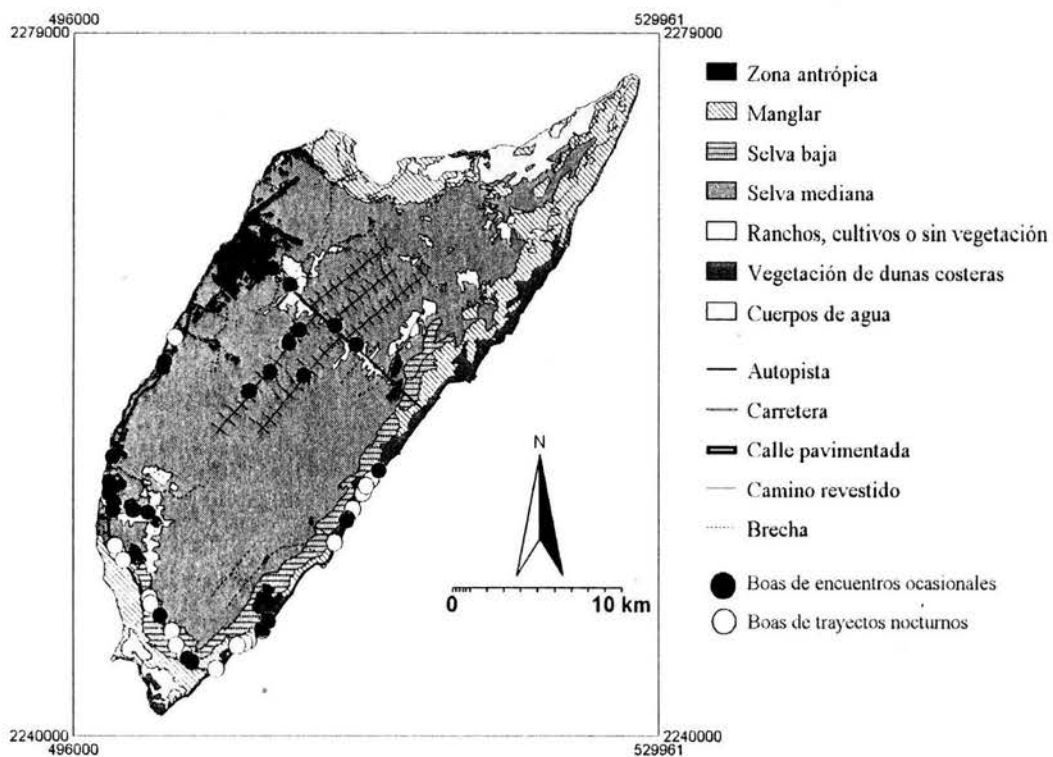


Figura 3. Mapa de la Isla Cozumel donde se muestran los tipos de coberturas y de caminos principales y la ubicación de las boas registradas (n = 49) por encuentros ocasionales y por muestreos nocturnos.

Características poblacionales de las boas

Proporción de sexos. De un total de 49 boas registradas, tanto de los muestreos nocturnos en carretera como de encuentros ocasionales, sólo a 41 fue posible determinarles el sexo.

Encontré 17 machos y 24 hembras, lo cual corresponde a una proporción de 0.72 machos por cada hembra. Sin embargo, no encontré diferencias significativas entre las frecuencias de los valores observados y la de los valores esperados al azar ($G_{(1)} = 1.17, P > 0.05$), por lo que la muestra no difiere significativamente de una proporción sexual equivalente a 1:1.

Estructura de tamaños. De un total de 49 boas registradas, a 45 de ellas les pudimos medir la longitud hocico-cloaca (LHC). La gráfica de estructuras de tamaños que obtuve no difirió significativamente de una distribución normal ($Z = 0.88, P > 0.05$, Fig. 4).

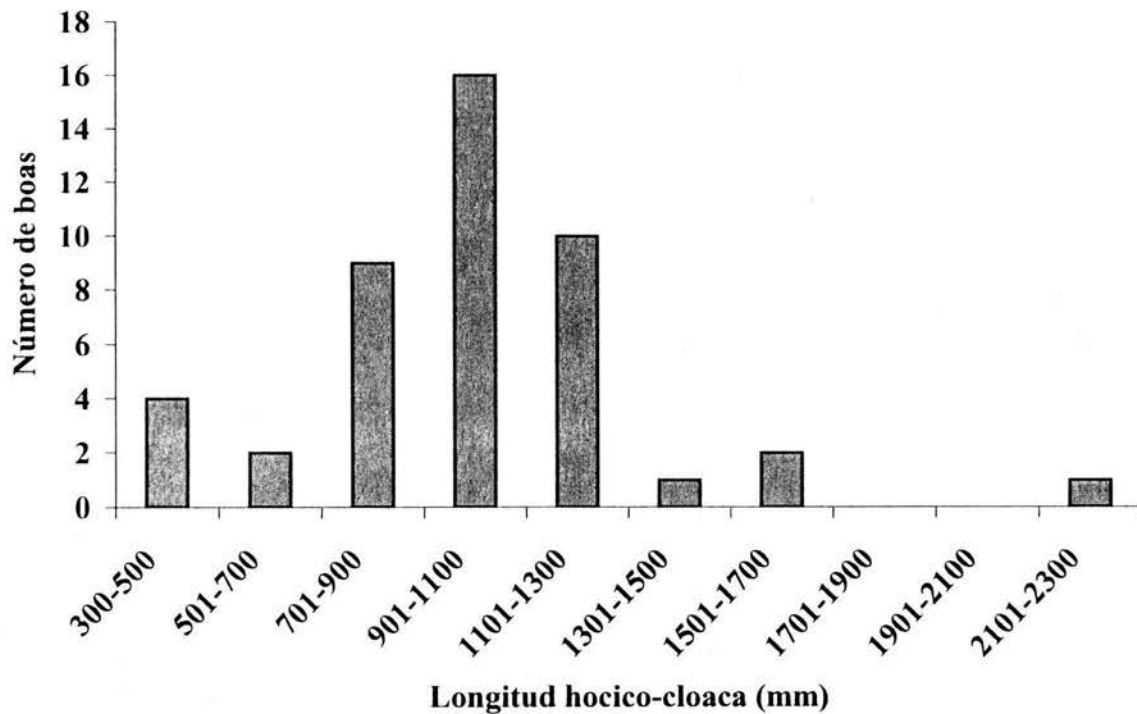


Figura 4. Estructura de tamaños, por categoría de talla, de las boas registradas en la Isla Cozumel (n = 45).

La boa más pequeña que registré midió 380 mm y la mayor 2200 mm de LHC. La mayor cantidad de individuos que registré midieron entre 701 y 1300 mm de LHC ($n = 35$ boas). La máxima frecuencia la obtuve en la categoría de 901 a 1100 mm ($n = 16$ boas).

Encontré pocos organismos de tamaño menor a los 700 mm ($n = 6$ boas) o mayor a los 1300 mm ($n = 4$ boas), con la diferencia de que para las clases de tamaño mayores a los 1300 mm algunas categorías de tamaño no presentan algún individuo registrado (Fig. 4). Al comparar la estructura de tamaños obtenida con la curva de crecimiento exponencial esperada, encontré diferencias significativas entre el número de individuos observados y esperados por categoría de tamaño ($G_{(9)} = 30.8$, $P < 0.05$: Fig. 5). Para poder hacer esta comparación, a todas las categorías de tamaño les sume uno, ya que en dos de ellas no registré individuos.

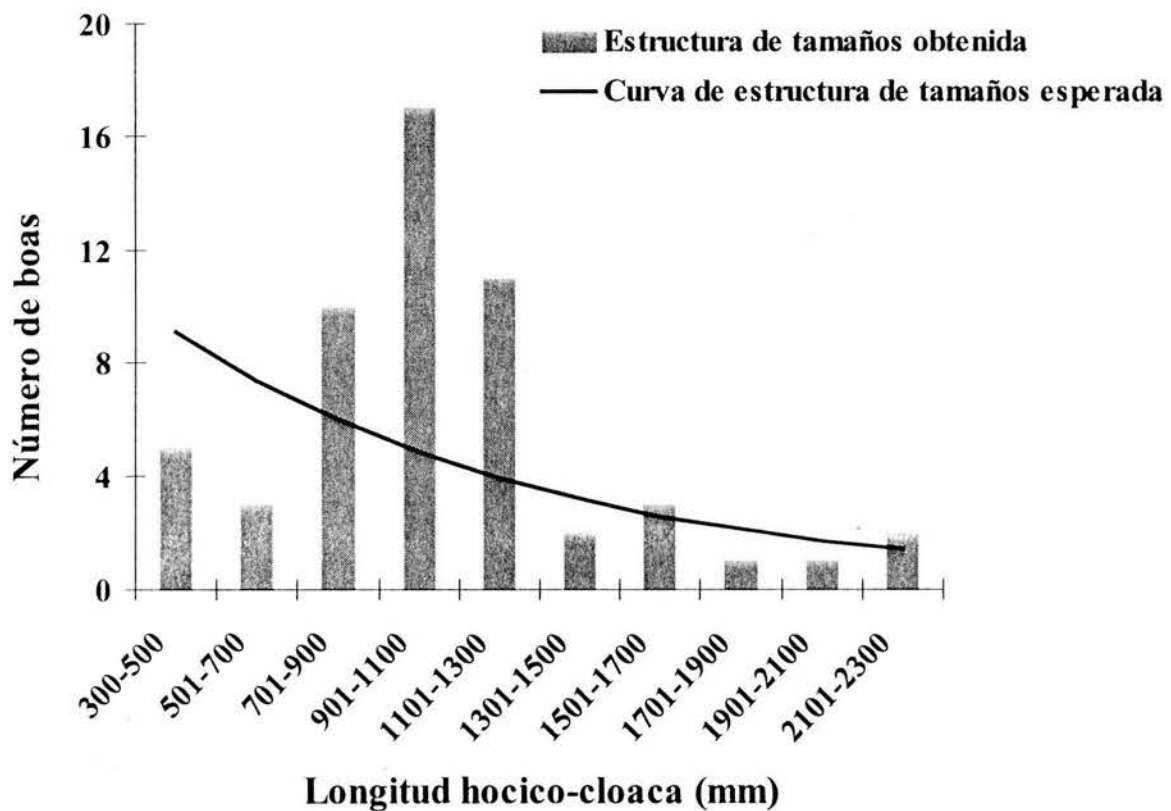


Figura 5. Comparación entre la estructura de tamaños obtenida y la curva de crecimiento exponencial esperada por categoría de talla, de las boas registradas en la Isla Cozumel.

Abundancia de boas en la isla

A pesar del esfuerzo de muestreo acumulado en los métodos de trayectos diurnos a pie y de búsqueda intensiva en parcelas, no logramos observar boas durante los muestreos realizados mediante ambos métodos. Por ello, en adelante me referiré únicamente a los resultados obtenidos utilizando el método de trayectos nocturnos en carretera. Con este método obtuve que el promedio de abundancia de boas registrado en la Isla Cozumel fue de 0.11 ± 0.03 boa/10km, es decir, 1.1 boa por cada 100 km recorridos.

Abundancia temporal de boas

Abundancia de boas por horario de observación. De las 14 boas vivas registradas en los muestreos nocturnos en carretera, obtuve que los horarios en los que encontramos individuos activos osciló entre las 19:01 y las 24:00 hrs. El horario en el que obtuve una mayor abundancia por hora de observación fue de 22:01 a 23:00 con 0.37 ind/hr (Fig. 5). Sin embargo, este pico de abundancia (indicativo de la actividad de las boas) está relacionado al mayor esfuerzo de muestreo en ese periodo. Existió una relación positiva entre el esfuerzo de muestreo y el número de boas registradas por horario de observación ($r = 0.88$, $P < 0.05$). Calibrando por el esfuerzo de muestreo, no encontré diferencias significativas en la abundancia de boas por horario de observación ($H_{(7)} = 6.94$, $P > 0.05$; Fig. 6).

Los resultados de abundancia por horario de observación los obtuvimos con un método empleado solamente durante el periodo nocturno. Por lo tanto, esto no implica que las boas sean activas únicamente durante el periodo nocturno. De hecho, observamos boas activas durante el día en otros momentos del estudio.

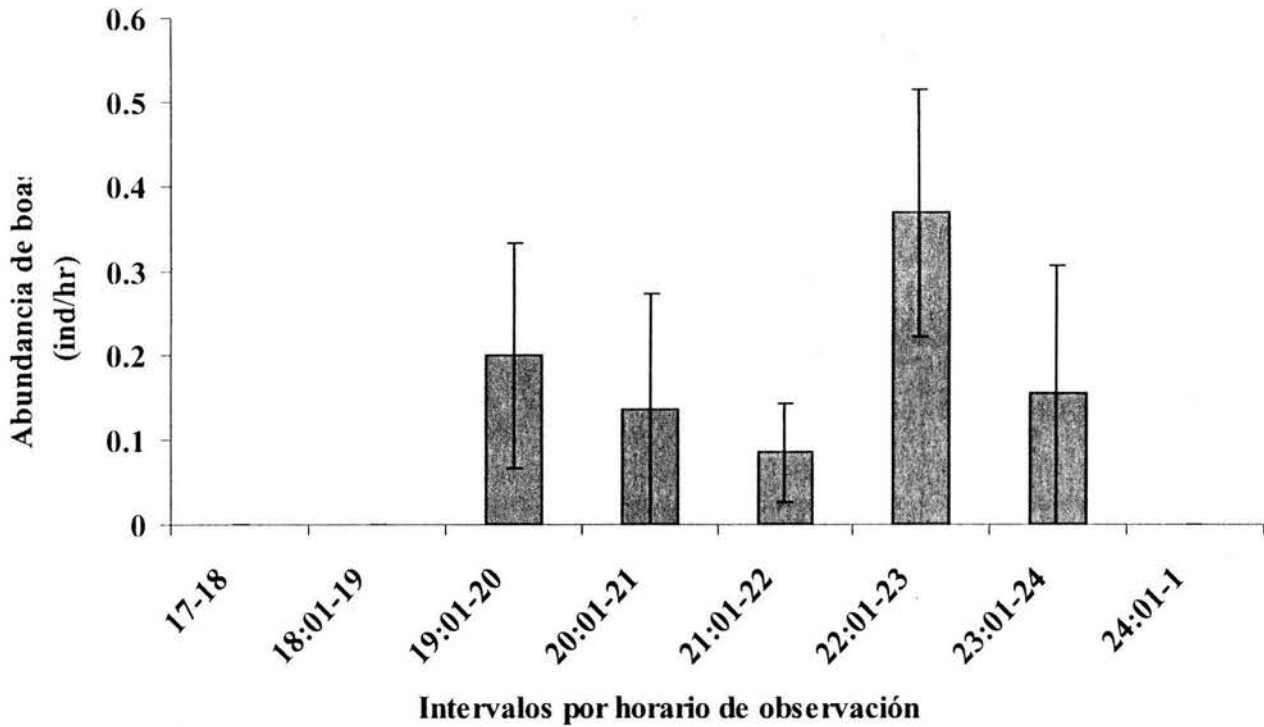


Figura 6. Abundancia de boas (media \pm error estándar; indicativo de la actividad de los organismos) por horarios de observación en los que se llevaron a cabo los recorridos nocturnos en carretera.

Abundancia de boas por mes de muestreo. Registré la mayor abundancia de boas durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2001 (0.25, 0.24 y 0.25 ind/10 km, respectivamente: Fig. 7). En el año 2002 fue el mes de agosto en el que registré el valor más alto (0.17 ind/10 km) en comparación con los otros meses de ese mismo año. Encontré una mayor abundancia de boas en los meses del año 2001 en comparación con los meses del año 2002.

Aparentemente existió una tendencia hacia un decremento en la abundancia entre un año y otro (Fig. 7). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la abundancia de boas entre meses ($H_{(9)} = 0.09$, $P > 0.05$).

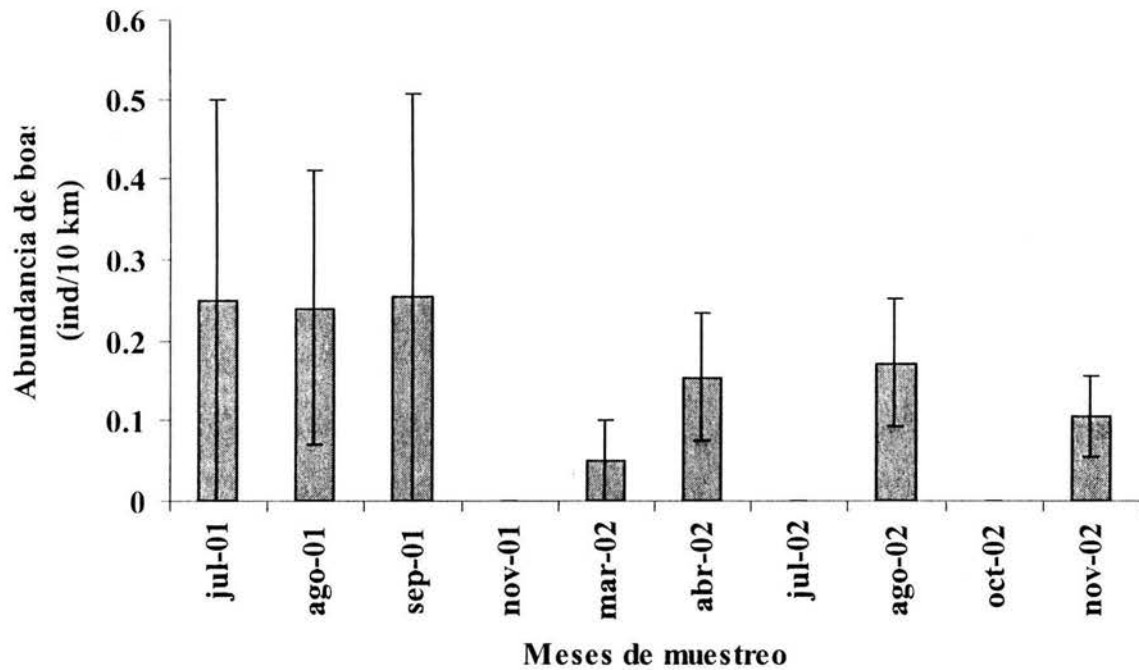


Figura 7. Abundancia de boas (media \pm error estándar) para cada mes de muestreo en la Isla Cozumel.

Abundancia de boas por estación del año. En el periodo lluvioso del año 2001 fue en el que obtuve el valor más alto de abundancia de boas (0.245 ind/10 km), seguido de los periodos secos de ambos años (0.106 y 0.105 ind/10 km). Registré el valor más bajo de abundancia de boas (0.09 ind/10 km) en el periodo lluvioso del año 2002. La abundancia promedio de boas en los dos periodos de lluvia disminuyó de un año a otro, mientras que en los dos periodos secos registré una abundancia semejante para ambos años (Fig. 8). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la abundancia de boas entre estaciones ($H_{(3)} = 2.61, P > 0.05$).

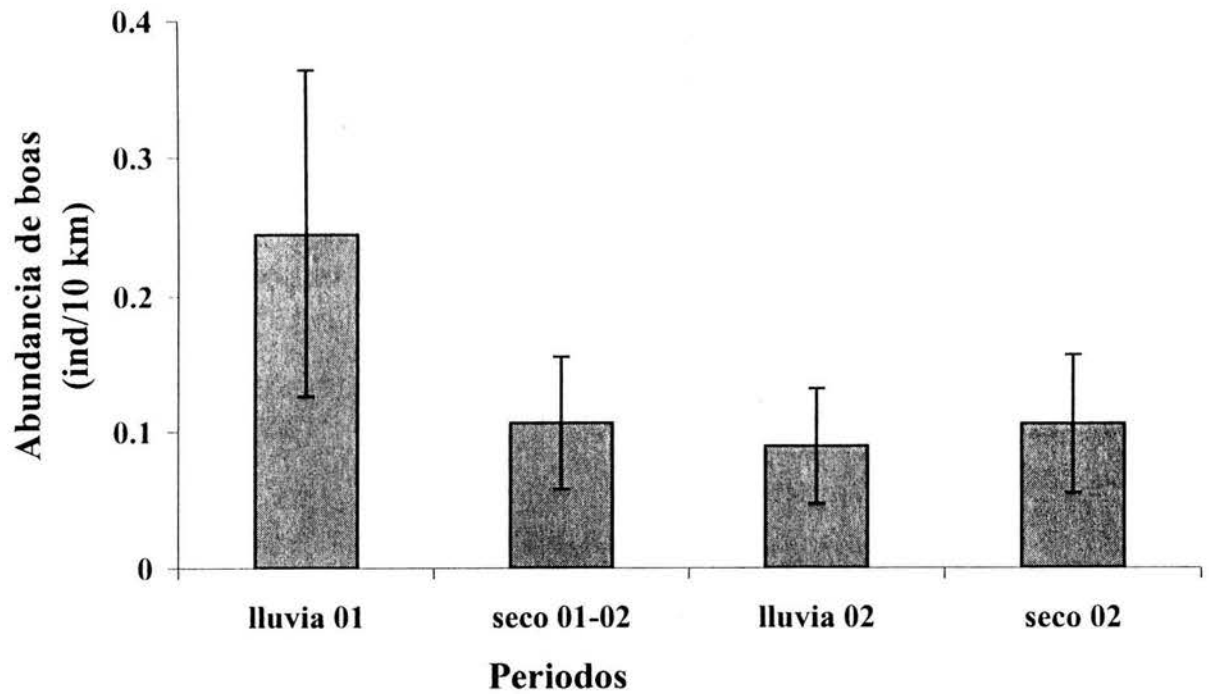


Figura 8. Abundancia de boas (media \pm error estándar) en los dos periodos estacionales de ambos años (lluvia 01 = periodo de lluvia del año 2001, seco 01-02 = periodo seco del año 2001 al 2002, lluvia 02 = periodo de lluvia del año 2002 y seco 02-03 = periodo seco del año 2002 al 2003).

Abundancia espacial y uso de hábitat de boas

De los tres principales tipos de vegetación en la isla, registré en la selva baja subcaducifolia la mayor abundancia de boas (0.20 ind/10 km) y la menor en la selva mediana subcaducifolia (0.04 ind/10 km, Fig. 9). Sin embargo, no encontré diferencias significativas en la abundancia de boas por tipo de vegetación ($H_{(2)} = 3.05$, $P > 0.05$).

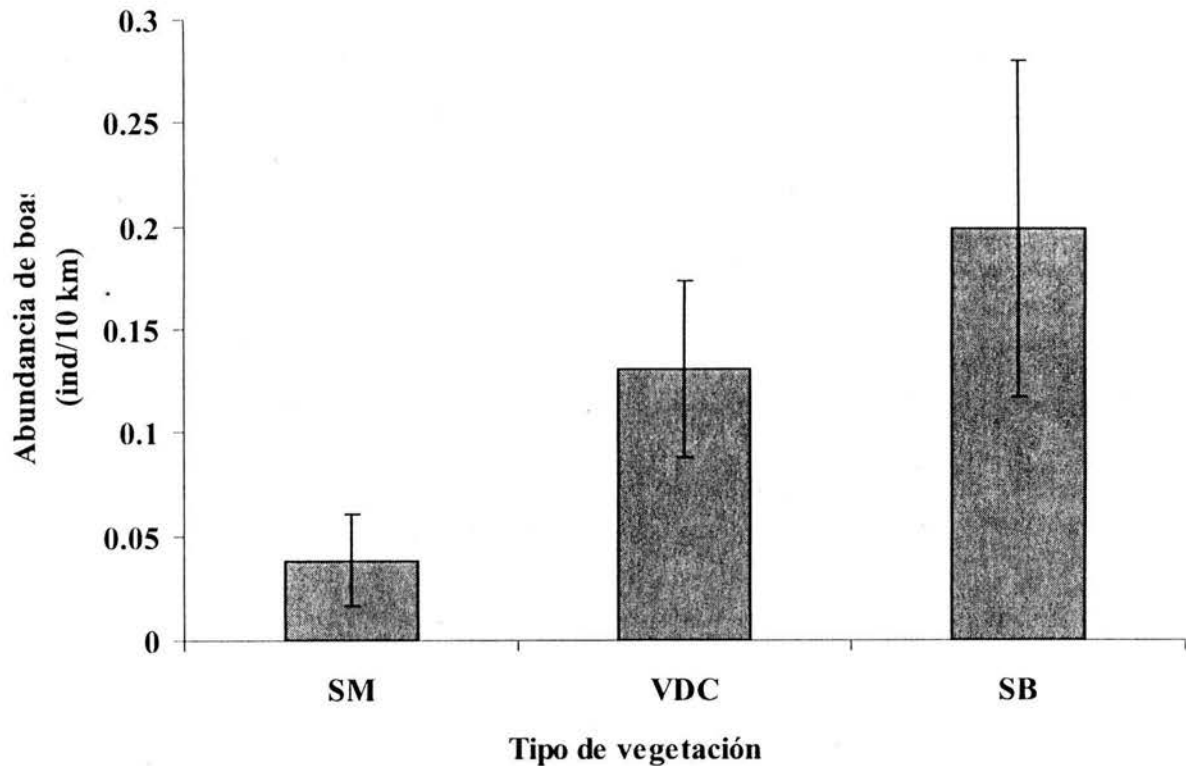


Figura 9. Abundancia de boas (media \pm error estándar) por tipo de vegetación asociada a la carretera.

SM = Selva mediana subcaducifolia, VDC = Vegetación de dunas costeras y SB = Selva baja subcaducifolia.

Las boas utilizaron de manera diferencial los tres tipos de vegetación adyacente a la carretera ($\chi^2_{(2)} = 7.214, P < 0.05$). En la selva mediana subcaducifolia registré una menor cantidad de individuos de los que se esperarían al azar ($P < 0.05$), lo cual sugiere que las boas están evadiendo este tipo de vegetación asociado a la carretera (Cuadro 4; pero ver más adelante). Los otros tipos de vegetación fueron usados de acuerdo a su disponibilidad.

Al considerar la abundancia de boas por zona geográfica de la isla, registré la mayor abundancia en la zona sur de la isla (0.20 ind/10 km), seguido por la zona sur-este (0.15 ind/10 km). Encontré valores menores de abundancia en la zona este (0.10 ind/10 km) y en la zona

Cuadro 4. Intervalos de confianza simultáneos de Bonferroni entre el uso de hábitat de boas

observado y el uso esperado en los tres tipos de vegetación adyacentes a la carretera en la Isla Cozumel. El asterisco denota el tipo de vegetación en el que se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), ya que la proporción de individuos esperados, para ese hábitat en particular, sobrepasa el límite del intervalo estimado a partir de los datos observados.

Tipo de vegetación	Observados	Intervalo	Esperados
Selva mediana subcaducifolia	0.143	0.000 - 0.326	0.400*
Selva baja subcaducifolia	0.381	0.127 - 0.635	0.200
Vegetación de dunas costeras	0.476	0.215 - 0.737	0.400

sur-oeste (0.13 ind/10 km), y en la zona central-norte de la isla no encontramos individuos durante los muestreos nocturnos en carretera (Fig. 10). Estas diferencias en abundancia de boas por zona geográfica no fueron significativas ($H_{(4)} = 7.47$, $P > 0.05$).

Encontré una diferencia marginal en la manera en la que las boas utilizan las cinco zonas geográficas que recorre la carretera de Cozumel ($\chi^2_{(4)} = 8.762$, $P = 0.06$). En la zona central-norte de la isla registré una menor cantidad de individuos de los que se esperarían ($P < 0.05$), lo cual indica que aparentemente las boas están evitando esta zona geográfica de la isla (Cuadro 5; y ver más adelante). Las demás zonas geográficas fueron usadas de acuerdo a lo esperado.

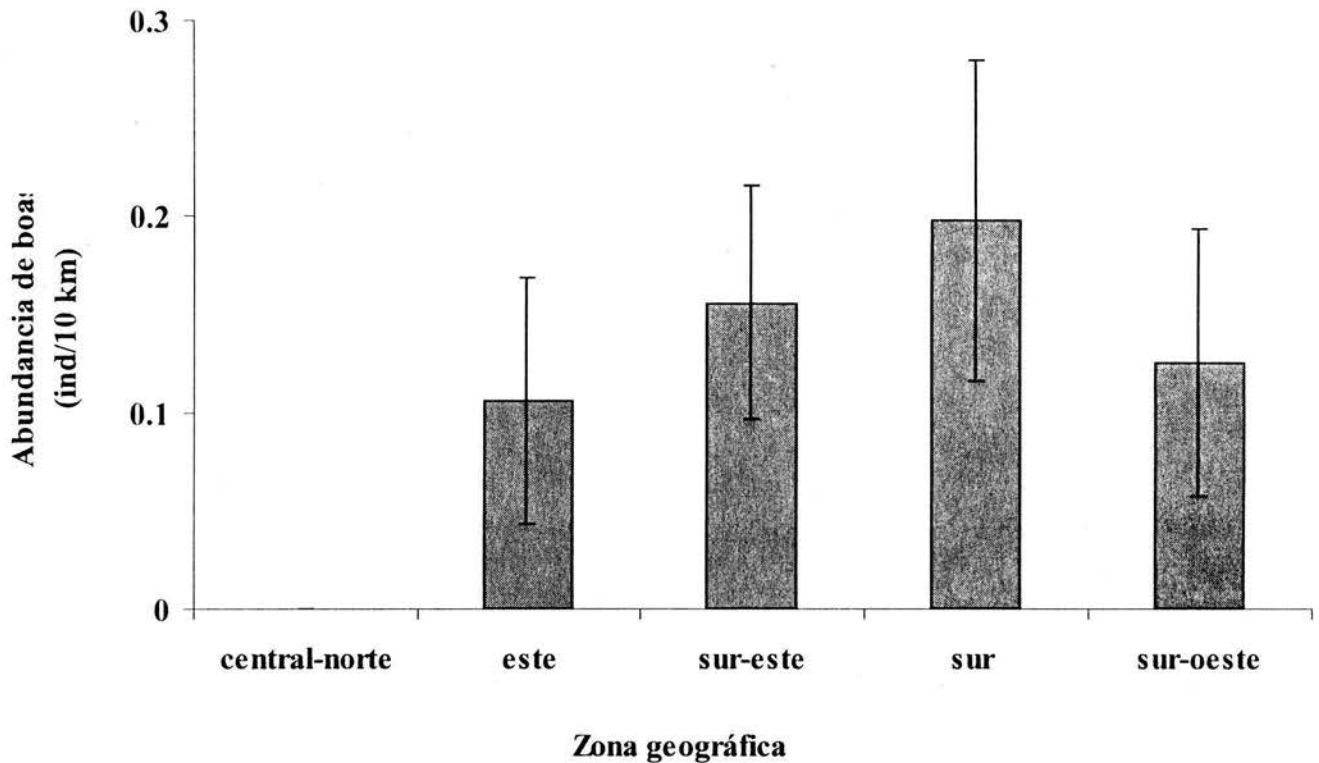


Figura 10. Abundancia de boas (media \pm error estándar) por zona geográfica de la Isla Cozumel.

Abundancia de boas en zonas con influencia antropogénica

Abundancia de boas con relación a la presencia humana. Las boas registradas fueron encontradas tanto en zonas de vegetación natural como en zonas antropogénicas, abarcando la mayoría de los diferentes tipos de coberturas del terreno. Sin embargo, hay una mayor concentración de observaciones en las zonas donde la presencia humana es escasa (Fig. 3).

La abundancia de las boas registradas en los muestreos nocturnos en carretera fue marginalmente mayor en las zonas con escasa presencia humana (0.15 ± 0.04 ind/10 km) que en las zonas con presencia humana (0.04 ± 0.02 ind/10 km; $U = 2805$, $P = 0.06$). Sin embargo, no existieron diferencias significativas en la abundancia entre vivas (0.08 ± 0.02 ind/10 km) y muertas (0.04 ± 0.01 ; $U = 13124.5$, $P > 0.05$).

Cuadro 5. Intervalos de confianza simultáneos de Bonferroni entre el uso proporcional observado y el uso proporcional esperado en las cinco zonas geográficas que abarca la carretera en la Isla Cozumel. El asterisco denota la zona en la que se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), ya que la proporción de individuos esperados, para esa región en particular, sobrepasa el límite del intervalo estimado a partir de los datos observados.

Zona geográfica	Observados	Intervalo	Esperados
Central-norte	0.000	0.000 - 0.006	0.200*
Este	0.190	0.000 - 0.411	0.200
Sur-este	0.286	0.032 - 0.540	0.200
Sur	0.381	0.108 - 0.654	0.200
Sur-oeste	0.143	0.000 - 0.340	0.200

Al separar el total de boas en vivas y muertas encontré que aparentemente la abundancia de boas muertas fue mayor que la abundancia de boas vivas en las zonas donde existe una mayor presencia humana. En contraparte, la abundancia de boas vivas y muertas se invierte en las zonas con escasa presencia humana (Fig. 11). Sin embargo, no encontré diferencias en el número de boas observadas y esperadas que pudiera explicarse por la interacción de estos factores ($G_{(1)} = 2.4, P > 0.05$).

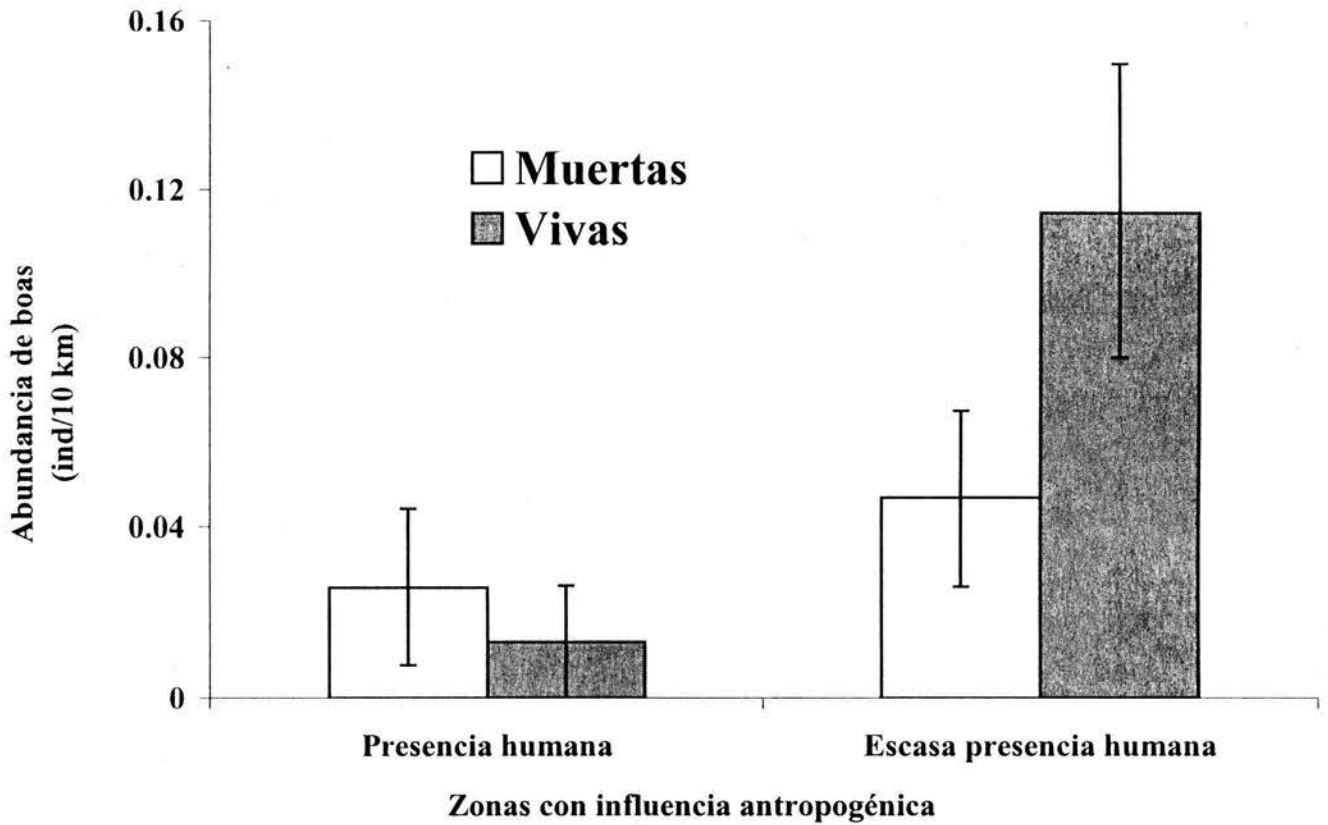


Figura 11. Abundancia de boas (media \pm error estándar) muertas y vivas para las zonas con presencia humana y para las zonas con escasa presencia humana en la Isla Cozumel.

Relación de boas con el tránsito vehicular. En la Figura 12 muestro la abundancia de vehículos y la abundancia de boas obtenidas por tramo de carretera en el último período de muestreo (agosto, octubre y noviembre de 2002). En los tramos 1 y 5 fue donde registré la mayor abundancia de automóviles por km (0.49 y 0.55), seguido del tramo 3 (0.11). La abundancia de boas a su vez, fue de cero individuos en los tramos 1 y 3. La menor abundancia de automóviles por km la registré en los tramos 2 y 4 (0.03 y 0.08). Mientras que la abundancia de boas por km aumentó en estos dos tramos (0.011 y 0.024). A pesar de que en el

tramo 5 registré la mayor abundancia de automóviles por km (0.55), la abundancia de boas por km no disminuyó drásticamente (0.012) como sucedió en los tramos 1 y 3 (Fig. 12).

La relación del número de boas contra el número de automóviles resultó lineal . Encontré que el 13% de la variación total en el número de boas se explica por el número de automóviles, sin embargo, en este porcentaje de datos existe una tendencia, ya que no resultó significativa, hacia una correlación negativa entre el número de boas y el número de vehículos ($r = -0.36, P > 0.05$). Al relacionar el número de boas vivas y el número de automóviles encontré que el 32% de la variación total en el número de boas es explicada por el número de automóviles. En este porcentaje nuevamente existe una tendencia hacia una correlación negativa entre ambas variables ($r = -0.56, P > 0.05$). Finalmente, al relacionar el número de boas muertas y el número de automóviles obtuve que tan sólo el 1% de la variación total en el número de boas se explica por el número de automóviles. En este porcentaje también parece existir una tendencia hacia una correlación negativa entre ambas variables ($r = -0.08, P > 0.05$).

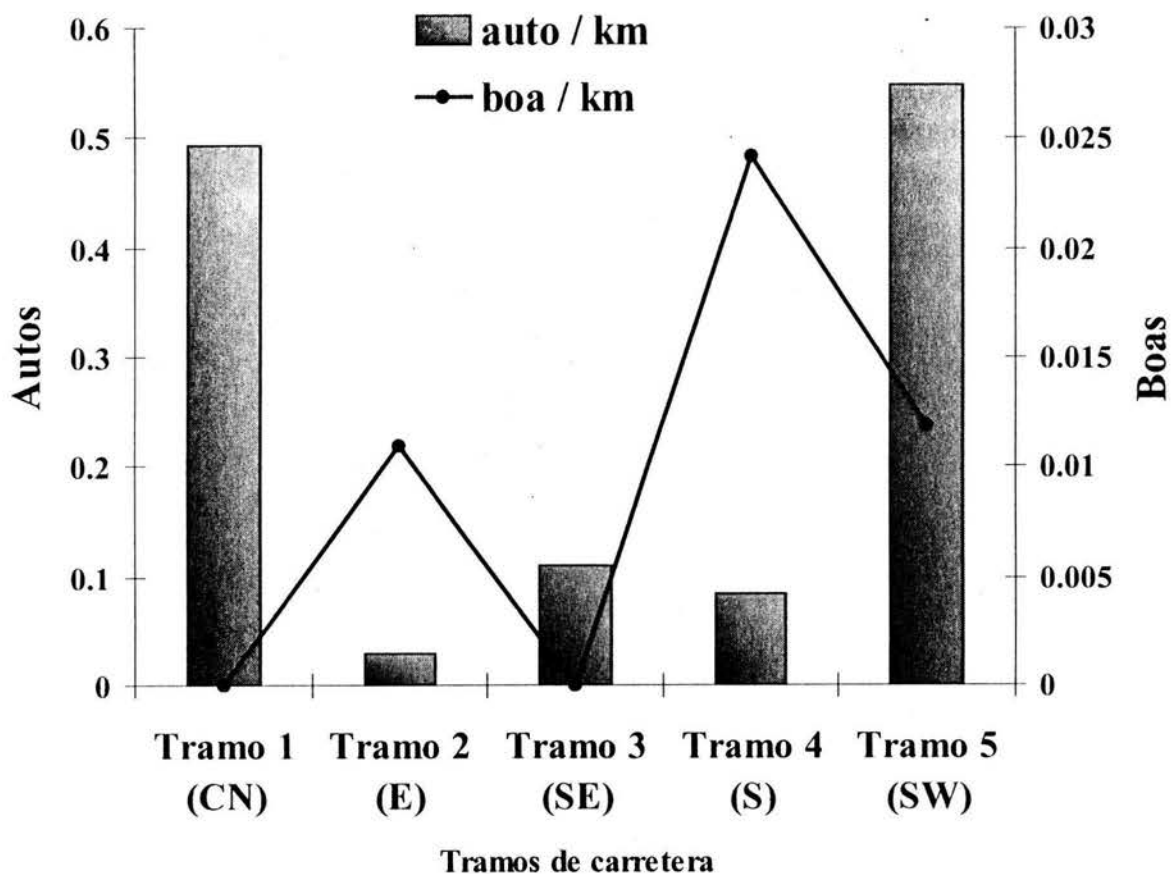


Figura 12. Promedios de abundancia de automóviles (auto/km) y de boas (boa/km) por tramo de carretera. El paréntesis denota la zona geográfica a la que corresponde cada tramo. CN = central-norte, E = este, SE = sur-este, S = sur y SW = sur-oeste.

DISCUSIÓN

Cobertura del terreno en Cozumel

Vegetación

La mayor parte de la isla está cubierta de vegetación natural (89%), lo cual proporciona una amplia variedad de hábitat disponibles para las especies que la habitan. Asimismo, presenta un gradiente de vegetación comenzando con vegetación de dunas costeras, seguido del manglar, selva baja subcaducifolia y culminando con la selva mediana subcaducifolia. Esta última es el tipo de vegetación predominante en la isla y se concentra en la porción central de la misma. Adicionalmente, existen zonas inundables en ciertos periodos del año asociadas a tulares y manglares, cenotes que proveen de agua dulce durante todo el año y lagunas extensas en la porción norte y sur de la isla.

A pesar de que en Cozumel la mayor actividad económica es el turismo, la vegetación natural no ha sido alterada de manera drástica por los pobladores (Cuarón *et al.* 2004) por lo que es un atractivo más con el que cuenta la isla. Sin embargo, la vegetación de Cozumel está sometida moderadamente a diversas fuentes de perturbación natural y antropogénica que se manifiestan en los diferentes estados serales de un mismo tipo de vegetación. En el mapa de la isla (Fig. 2) se pueden observar polígonos de vegetación secundaria, que por lo general está intercalada con los principales tipos de vegetación. En áreas tropicales esta vegetación secundaria tiende a restituirse a la primaria después de un tiempo, dependiendo del grado de intensidad de la alteración producida (Gómez-Pompa *et al.* 1983). Cuando esta alteración deja de actuar, el sistema puede regresar a su estructura y composición original. Los tipos de vegetación secundaria están relacionados a factores climáticos y edáficos y de ellos depende su distribución espacial (Barbour *et al.* 1987).

Dentro de los principales agentes de perturbación de la vegetación en Cozumel, se encuentran los huracanes, los desmontes para cultivos y la introducción de especies exóticas (Gutiérrez-Granados 2003, Cuarón *et al.* 2004). Los huracanes actúan como uno de los principales agentes de perturbación de la vegetación en la isla. Se han reportado 20 eventos de distinta intensidad que han pasado sobre o cerca de Cozumel desde 1871 (Martínez-Morales 1996). Presumiblemente una buena proporción de la superficie vegetal actual debe tener su origen a partir del huracán Roxane en 1995 o especialmente de Gilberto en 1988 (Cuarón com. pers.). Si bien gran parte de la vegetación de Cozumel se puede caracterizar como selva mediana subcaducifolia y selva baja subcaducifolia, existe una gran proporción de ella que está en edades serales tempranas. Asimismo, la estacionalidad influye en las condiciones microambientales, de temperatura y humedad principalmente (Diller 1935), lo que se refleja en la fenología de las especies que componen cada tipo de vegetación (Barbour *et al.* 1987). Como respuesta a estos cambios en la vegetación, las especies de fauna que se alimentan, reproducen y resguardan en ella suelen modificar a su vez su conducta y hábitos (Dalrymple *et al.* 1991, Madsen y Shine 1996, Vega *et al.* 2000).

Caminos y carreteras

Existe una carretera principal que rodea la isla, así como caminos de terracería y senderos que inician a partir de algún punto de la carretera principal. El impacto de los caminos en Cozumel no ha sido cuantificado, sin embargo, algunos de ellos podrían ser barreras o fuentes de mortalidad para ciertos animales (Forman y Alexander 1998). Adicionalmente, la apertura en la vegetación que provocan pudieran ocasionar efectos de borde en el sistema.

En la porción central de la isla se encuentra una serie de caminos revestidos que están conectados a un sistema de pozos que provee de agua dulce a la ciudad y que probablemente sea una fuente importante de agua para las especies de fauna que habitan en esta zona, que

además se encuentra bien conservada (Cuarón *et al.* 2004). El acceso restringido al público en este sistema de pozos ha permitido que la vegetación se mantenga relativamente inalterada y sea un recinto para la conservación de la biota nativa en Cozumel. Estos caminos además han facilitado el acceso a un sistema de parcelas permanentes donde se están estudiando diversos aspectos sobre la diversidad biológica nativa e introducida de Cozumel (*v.gr.*, Gutiérrez-Granados 2003).

A pesar de que la construcción de carreteras y caminos ha dejado intacta una gran parte de la isla, es importante considerar que por poca que sea su extensión, las carreteras y caminos son un agente de perturbación que puede alterar la abundancia relativa, la densidad y el uso de espacio de las especies de fauna que habitan un ecosistema (Forman y Alexander 1998, Bonnet *et al.* 1999, Vega *et al.* 2000, Terborgh *et al.* 2001). Asimismo, algunas carreteras pueden reducir el flujo génico al separar a las poblaciones y evitar la colonización de nuevos hábitat (Rutherford y Gregory 2003), debido a que pueden actuar como barreras a los movimientos de las especies. En un estudio realizado por Terborgh y colaboradores (2001) se obtuvo que el número de carreteras y caminos pavimentados está relacionado a un aislamiento genético y a la pérdida de individuos debido a la mortalidad en carretera que afectan la riqueza específica de la herpetofauna en humedales. No obstante, una gran área de Cozumel está inalterada por este tipo de perturbación antropogénica. Adicionalmente, en el caso de las boas las carreteras y caminos no son una barrera, sin embargo, sí son una fuente de mortalidad ya que son atropelladas o quedan expuestas a que las personas las maten con otros métodos.

Distribución de boas en la isla

En este trabajo y en el realizado por Martínez-Morales y Cuarón (1999) se corrobora que las boas se distribuyen en todos los tipos de coberturas del terreno, sin mostrar una mayor

concentración de individuos aparente hacia algún tipo de vegetación o zona geográfica de la isla. La evidencia obtenida de los recorridos en carretera (este estudio), por trayectos diurnos a pie dentro de la vegetación (Martínez-Morales y Cuarón 1999) y por encuentros ocasionales (ambos estudios) indica que las boas están por toda la isla y no sólo en la vegetación adyacente a la carretera. En este estudio no consideré la zona urbana, sin embargo, esta serpiente también está en la ciudad.

La distribución de las especies a una escala local está determinada principalmente por la competencia intraespecífica (Beard *et al.* 2003, Himes 2003) y la disponibilidad de presas y de refugios (Andrewartha y Birch 1974, Huey *et al.* 1989, Madsen y Shine 1996, Jepsen *et al.* 2002, Brito 2003, Rutherford y Gregory 2003). Sin embargo, las condiciones climáticas homogéneas y la abundancia de recursos que en teoría prevalecen en los ecosistemas tropicales (Seigel *et al.* 1987, Secor 1994), provocarían que la territorialidad disminuyera y que los requerimientos fisiológicos de las serpientes pudieran ser cubiertos en cualquier zona de la isla. Adicionalmente la boa es un depredador generalista (Stone y Holtzman 1996, Greene 1997, González-Baca com. pers.) y al no depender de una presa específica se puede establecer en diferentes sitios de la isla donde existan presas potenciales para su alimentación.

El número de boas vivas encontradas en los muestreos nocturnos en carretera fue mayor que las muertas por atropellamiento, lo cual probablemente se deba a dos causas principales: La primera es que aparentemente este reptil tiene una actividad nocturna importante, coincidiendo con un tránsito vehicular esporádico en algunos tramos de la carretera, disminuyendo la probabilidad de ser atropelladas. La segunda causa es que existe una zona importante de la carretera donde se restringe el paso de vehículos después de las 20:00 hr en los meses de agosto a enero en que las tortugas marinas van a desovar a la isla. En contraparte, como era de esperar, el número de boas muertas observadas en encuentros

ocasionales fue mayor que las vivas. La mayoría de las boas registradas por encuentros ocasionales fueron en el transcurso del día y la causa aparente de su muerte fue tanto por atropellamiento como por matanza intencional hecha principalmente por medio de machetes. Los sitios en los que encontramos dichas boas estuvieron relacionados en su mayoría a ranchos y a otros tipos de asentamientos humanos, en donde la gente las mata por diversas causas y luego las tiran en la carretera. La principal causa por la que la gente mata a las boas en Cozumel, es porque se comen a sus animales domésticos, esto aunado a la repulsión, temor y mala fama que esta especie tiene entre los pobladores de la isla. Cabe mencionar que en los encuentros ocasionales logramos observar a algunas boas activas durante el día, por ello, no puedo afirmar que sus hábitos sean exclusivamente nocturnos.

Características poblacionales de las boas

Proporción de sexos

La proporción de machos y hembras no difirió significativamente de 1:1. Debido a que aún no se ha encontrado en Cozumel un pico de actividad reproductiva de la boa en vida libre no es posible explicar si esta relación es lo que se esperaría o tendría que variar en determinados meses del año. De acuerdo a lo que se ha documentado en otros trabajos (Madsen 1984, Dalrymple *et al.* 1991, Secor 1994, Bonnet *et al.* 1999, Brito 2003) hubiera esperado que la actividad de los machos fuera más intensa en el período de apareamiento al desplazarse en búsqueda de hembras o que hubiera existido una disminución en la actividad de las hembras en los meses en que permanecen dentro de refugios para tener a sus crías. Adicionalmente, en las boas de Cozumel pudiera presentarse un ciclo reproductivo bianual, como se ha sugerido para la boa de Argentina (Bertona y Chiaraviglio 2003). Esto podría explicar el hecho de no

encontrar diferencias en la proporción de sexos durante este año y medio de recopilación de datos en campo.

Lo que sabemos hasta el momento es que la muestra de boas registradas y sexadas (n = 41 individuos) por muestreos nocturnos en carretera y por encuentros ocasionales está equilibrada proporcionalmente entre el número de machos y de hembras.

Estructura de tamaños

La mayor cantidad de individuos dentro de esta población está en las tallas de tamaño intermedias, con pocos individuos de tallas pequeñas y grandes. Lo cual no corresponde a una distribución estable de tamaños o edades, en la que la mayor cantidad de individuos deberían estar en las tallas pequeñas e ir disminuyendo conforme aumenta el tamaño del cuerpo o la edad (Andrewartha y Birch 1974, Gotelli 1995). Ciertamente existe en reptiles una relación entre el tamaño y la edad, sin embargo, esta relación no es siempre directamente proporcional debido a las diferentes condiciones ambientales y recursos a los que están sometidos los individuos y a las habilidades y experiencia que van adquiriendo con el tiempo. Asimismo, no existen estudios de la relación que tiene la longitud hocico-cloaca con la edad de las boas en vida libre. Adicionalmente, se ha registrado que las categorías de tamaño son más relevantes biológicamente que las categorías de edad (Sauer y Slade 1987). Por estas razones es que hago referencia al tamaño y no a la edad.

La curva de distribución de tamaños que obtuve esta sesgada hacia los individuos de tallas intermedias, lo cual puede indicar que los individuos de tallas pequeñas son escasos quizás debido a que están expuestos a depredadores y por lo tanto existiría una alta tasa de mortalidad en los neonatos y animales jóvenes. Sin embargo, también puede indicar que los individuos pequeños presentan movimientos más sedentarios como se ha reportado para otros reptiles (Zug *et al.* 2001). Adicionalmente, no puedo descartar la posibilidad de que debido a

su tamaño, los individuos pequeños sean capaces de ocultarse más fácilmente y así pasar desapercibidos, por lo que no fue posible registrarlos frecuentemente con los métodos utilizados en este estudio. Aunque también es contradictorio con lo que hacen referencia Secor (1994) y Bonnet *et al.* (1999), quienes han observado que los neonatos y juveniles de algunas serpientes son regularmente más activos que los adultos, presumiblemente debido a su falta de experiencia, por lo que requieren más tiempo para encontrar sitios favorables para su alimentación y refugio. De manera semejante, es posible que animales de tallas grandes estén siendo subestimados con estos métodos en caso de que sean más sedentarios que las clases de tamaño intermedias. En Argentina, Chiaraviglio *et al.* (2003) encontraron un patrón poblacional semejante al registrado en este trabajo, con las cohortes de animales pequeños y grandes escasamente representados.

Abundancia de boas en Cozumel

De los tres métodos utilizados para estimar la abundancia de boas (muestreo intensivo en parcelas, trayectos diurnos a pie y muestreos nocturnos en carretera), sólo obtuvimos registros de los muestreos nocturnos en carretera. No tengo un marco de comparación para el caso del muestreo intensivo en parcelas. Es probable que el esfuerzo de muestreo (75 parcelas para un total de 9375 m²) con este método haya sido insuficiente. En otro estudio sobre herpetofauna, en la región de Chamela, Jalisco, si se han registrado boas utilizando este mismo método, aunque con un esfuerzo de muestreo mucho mayor (Suazo com. pers.). Aunque es poco probable, es posible que a pesar de que la búsqueda fue exhaustiva algunos animales hayan pasado desapercibidos, debido a la gran cantidad de cavidades naturales y a la densidad del sotobosque.

Martínez-Morales y Cuarón (1999), con el método de trayectos diurnos a pie, registraron 1.8 boas/100 km con un esfuerzo de muestreo de 386 km recorridos. En cambio, nosotros no obtuvimos registro alguno de boas en 140 km recorridos. Es posible que durante el día las boas se encuentren menos activas y probablemente dentro de refugios como sucede con otras serpientes (Peterson 1987, Huey *et al.* 1989) por lo que la probabilidad de observarlas sea menor. Sin embargo, éste es un factor que hubiera afectado a ambos estudios de manera semejante. Si hubiera un efecto por el esfuerzo de muestreo, dado que en este estudio se realizó un 36% del esfuerzo de muestreo de Martínez-Morales y Cuarón (1999), esperaríamos que de haber persistido las mismas condiciones de 1994-1995 habría encontrado un índice de abundancia de alrededor de 0.7 boas/100 km. No obstante, es importante destacar que el índice de abundancia ya está calibrado por el esfuerzo de muestreo. También es posible que la abundancia de la boa difiriera entre las zonas de la isla que se recorrieron en ambos estudios. Otra explicación es que la abundancia de la especie en la isla haya disminuido desde el estudio anterior. Finalmente, el azar es otro factor que no se puede descartar. Es posible que aún habiendo la misma probabilidad de encuentro con boas en un sitio determinado, en algunas ocasiones, por circunstancias fortuitas, sea posible registrar con el mismo esfuerzo varias boas, o ninguna. Este problema puede evitarse obteniendo el mayor esfuerzo de muestreo posible. Quizá en este estudio el esfuerzo de muestreo fue insuficiente.

De 1902 km recorridos en los muestreos nocturnos en carretera durante julio 2001 a diciembre 2002, obtuve un índice de abundancia de 0.11 boas/10 km (1.1 boas/100 km). Este índice está dentro del mismo orden de magnitud que el registrado por Martínez-Morales y Cuarón (1999) con el método de trayectos diurnos a pie (1.8 boas/100 km). Aunque ambos métodos no son directamente comparables, el índice obtenido de los muestreos nocturnos en carretera nos habla de la efectividad de este método ya que en un menor tiempo se puede

acumular un esfuerzo de muestreo suficiente como para obtener una gran cantidad de registros de boa. Sin embargo, tiene el defecto de que los resultados estarán sesgados hacia las áreas adyacentes a la carretera. A pesar de ello, resultó ser un método eficaz para evaluar algunos parámetros poblacionales (estructura de tallas, proporción de sexos, distribución, abundancia espacial y temporal) y el uso de hábitat de las boas en Cozumel.

El índice de abundancia de boas obtenido para la isla, como cualquier índice de abundancia, no dice mucho por sí solo. Su utilidad radica en la comparación a través del tiempo o espacio (dentro de la isla o entre diferentes lugares). Aparentemente no existen todavía trabajos publicados en la literatura internacional sobre la abundancia de boas en otros sistemas naturales. Sin embargo, trabajos de tesis o datos que aparecerán próximamente publicados, proporcionados por el laboratorio a cargo del Dr. Víctor Hugo Reynoso del Instituto de Biología de la UNAM, indican que salvo en una excepción, las boas son más abundantes en la Isla Cozumel que en sitios tropicales continentales de México al considerar el valor promedio global (Cuadro 6). No obstante, la mayor abundancia registrada en Cozumel en varias etapas del estudio o regiones de la isla (Figs. 7-10) supera el mayor registro continental de abundancia de boas. Adicionalmente, en estudios sobre ecología de vertebrados que se están llevando a cabo en la actualidad en la porción continental de México, los encuentros con estas serpientes han sido escasos (Suazo com. pers., Reynoso com. pers., González-Baca com. pers., Cuarón com. pers.), lo que sugiere que las boas en Cozumel son más abundantes que en el continente.

Cuadro 6. Abundancia de *Boa constrictor* en distintos sitios continentales del sur de México, indicando el tipo de vegetación dominante y el grado de perturbación en cada caso.

Modificado de las fuentes originales, en las cuales el esfuerzo de muestreo de trayectos en línea fue medido en horas. Para las estimaciones de abundancia que aquí muestro consideré que se recorrió un km por hora en estos trayectos en línea.

Sitio	Tipo de vegetación	Grado de perturbación	Abundancia (boas/100 km)	Fuente
Nizanda, Oaxaca.	Selva baja caducifolia	Bajo	0.35	Barreto-Oble (2000)
Ribera de los ríos Tonalá y González, Veracruz y Tabasco.	Selva alta perennifolia	Alto	2.00	Reynoso <i>et al.</i> (en prensa)
Las Choapas, Veracruz.	Selva alta perennifolia	Alto	0.20	Carmona-Torres y Reynoso (com. pers.)
Estación de Biología Los Tuxtles y alrededores, Veracruz.	Selva alta perennifolia	Alto	0.30	Salvatore-Olivares y Reynoso (com. pers.)

Abundancia temporal de boas

Abundancia de boas por horario de observación

No hubo un pico de actividad en algún horario específico durante los muestreos nocturnos en carretera. Es probable que las boas tengan una actividad nocturna importante, ya que sólo a

través de estos muestreos realizados entre las 19:01 y las 24:00 hr fue posible registrarlas en diferentes horarios dentro de este intervalo. Este tipo de actividad nocturna se ha reportado para otros reptiles y específicamente para varias serpientes tropicales (Zug *et al.* 2001).

Dado que durante el periodo de este estudio no realizamos muestreos sistemáticos en carretera durante el día no puedo determinar si las boas tienen una mayor actividad diurna o nocturna. A pesar de no haber registrado boas en los muestreos diurnos a pie, sabemos que las boas también están activas durante el día ya que, además del trabajo de Martínez-Morales y Cuarón (1999), nosotros logramos observar algunas durante los encuentros ocasionales. En Argentina también se ha encontrado una actividad diurna significativa (Chiaraviglio *et al.* 2003).

Abundancia de boas por mes de muestreo y estación del año

Aunque no hubo diferencias significativas en la abundancia de boas por mes ni por estación del año, observé un mayor número de boas por km en los meses de julio, agosto y septiembre del 2001, los cuales corresponden al periodo de lluvias. Asimismo, la abundancia de las boas parece haber disminuido de un año a otro. Sin embargo, al no encontrar diferencias estadísticamente significativas, debido a la gran variabilidad de los registros de boas, es anticipado asegurar que la población decreció entre el 2001 y el 2002.

Existen trabajos en los que se ha documentado que la variación en los componentes del clima afecta de manera directa la abundancia y distribución de las especies (Andrewartha y Birch 1974, Dalrymple *et al.* 1991, Secor 1994, Arthur *et al.* 1996, Greene 1997, Osborne *et al.* 2001, Zug *et al.* 2001). En algunos casos el efecto es indirecto al modificar la conducta y hábitos de las presas disponibles para los depredadores, las cuales utilizan el hábitat en función de los cambios fenológicos de la vegetación por lo que los depredadores migran de acuerdo a los movimientos de sus presas (Andrewartha y Birch 1974, Madsen y Shine 1996,

Jepsen *et al* 2002, Brito 2003). En el caso de las boas en Cozumel, es posible que la variación estacional no tenga algún efecto significativo en esta especie, debido a que son depredadores generalistas de presas (Stone y Holtzman 1996, Greene 1997, Cuarón *et al.* 2004, González-Baca com. pers.) y probablemente de hábitat como se ha registrado en otras especies de sistemas insulares (Beard *et al.* 2003).

Abundancia espacial y uso de hábitat de boas

La abundancia de boas no varió significativamente en los diferentes tipos de vegetación asociados a la carretera. A pesar de ello, parece existir una tendencia hacia una mayor abundancia en la selva baja subcaducifolia y en la vegetación de dunas costeras y una menor abundancia en la selva mediana subcaducifolia, a pesar de que ésta es el tipo de vegetación predominante en la isla. Al realizar el análisis de uso de hábitat por tipo de vegetación, pude corroborar en parte dicha tendencia, ya que hubo un menor número de individuos de los que se esperarían en la selva mediana subcaducifolia, mientras que, la selva baja subcaducifolia y vegetación de dunas costeras, no mostraron diferencias significativas entre los individuos observados con respecto a los esperados de acuerdo a la proporción de hábitat muestreado para cada tipo de vegetación. Asimismo, la abundancia de boas no varió en las cinco zonas geográficas que abarca la carretera de la isla y que a su vez están relacionadas con los tipos de vegetación antes mencionados. De igual manera, parece existir una tendencia hacia una mayor abundancia en la porción sur y sur-este de la isla que corresponden precisamente a la selva baja y a la vegetación de dunas costeras. En el análisis de uso de hábitat por zona geográfica obtuve un menor número de boas de las que se esperarían en la porción central-norte, que corresponde a uno de los tramos de carretera asociados con la selva mediana, mientras que no

encontré diferencias significativas entre el número de individuos observados y esperados para las cuatro zonas geográficas restantes.

Los tipos de vegetación y las zonas geográficas de la isla se encuentran íntimamente relacionadas. En otros ecosistemas se ha reportado que la disponibilidad de recursos y las condiciones microambientales varían de acuerdo al tipo de vegetación (Schmida y Wilson 1985, Collins y Good 1987, Collins 1990, Schnitzler y Borlea 1998, Romero-Nájera 2000). En Cozumel, la abundancia de boas parece no estar relacionada con algún tipo de vegetación o zona geográfica de la isla. Esto puede deberse a varios factores, dentro de los que se encuentran: la baja heterogeneidad de condiciones climáticas y la abundancia de recursos que se presentan en las zonas tropicales (Secor 1994), la capacidad de dispersión y adaptación de la boa a distintos tipos de hábitat (Martínez-Morales y Cuarón 1999) y la depredación generalista por la que la boa es capaz de consumir una amplia variedad de presas disponibles (Stone y Holtzman 1996, Greene 1997, Cuarón *et al.* 2004, González-Baca com. pers.). Adicionalmente, se ha documentado que en islas donde se presentan disturbios naturales frecuentes, las especies que habitan en ellas se vuelven generalistas de hábitat (Beard *et al.* 2003), el cual sería el caso de las boas de Cozumel.

En el análisis de uso de hábitat, las boas parecen evadir la selva mediana asociada a la porción central-norte y a la porción sur-oeste adyacentes a la carretera de Cozumel. Un factor importante en la selva mediana y la porción central-norte es que están asociadas a ranchos, donde la gente tiene una gran influencia en la mortalidad de este reptil. Esto podría ser el reflejo del bajo número de individuos encontrados en esta zona.

Se ha documentado en otros trabajos que la vegetación por sí sola es un indicador débil del uso de hábitat (Osborne *et al.* 2001, Jepsen *et al.* 2002). El uso de hábitat lo determina la suma de varios factores que interactúan entre sí, como la vegetación, el período de muestreo,

la distribución de presas, la disponibilidad de agua y de refugios (Arthur *et al.* 1996, Mysterud e Ims 1998, Jepsen *et al.* 2002) y las presiones antropogénicas (Cuarón 2000ab, Cuarón *et al.* 2004). Sin embargo, la preferencia hacia algún tipo de hábitat no indica necesariamente la calidad del mismo (Arthur *et al.* 1996). Por lo general, se presentan situaciones de compromiso (*trade-off*) que tienen que ver con la disponibilidad de sitios para un forrajeo óptimo y los riesgos que conllevan a la mortalidad por exposición a depredadores o por atropellamientos al desplazarse entre un sitio y otro (Mysterud e Ims 1998, Bonnet *et al.* 1999, Luttbeg y Schmitz 2000, Terborgh *et al.* 2001, Jepsen *et al.* 2002). Asimismo, esta preferencia está influida a su vez por los requerimientos de acuerdo a la edad y tamaño de los individuos. Además del alimento, los organismos buscan sitios óptimos para sus distintos tipos de actividades, como el apareamiento y la reproducción. Los sitios óptimos para la alimentación no siempre coinciden con los de sus otras actividades (Rutherford y Gregory 2003). Los diferentes patrones de selección de hábitat pueden reflejar efectos de sexo, edad o densidad poblacional (Arthur *et al.* 1996, Bonnet *et al.* 1999, Castoe 2002). Adicionalmente, el uso de hábitat dependerá de los hábitat presentes, ya que si un tipo de hábitat es preferido pero no está disponible, entonces otro será utilizado aunque no sea necesariamente el preferido (Arthur *et al.* 1996). La boa en Cozumel es generalista en cuanto a sus requerimientos de hábitat, ocupando áreas con todos los tipos de vegetación en todas las porciones de la isla estudiadas. Sin embargo, en las zonas con presencia humana su abundancia es menor que la esperada.

Abundancia de boas en zonas con influencia antropogénica

Dentro de los factores importantes que podrían determinar la abundancia de boas en las zonas con presencia humana, es la matanza intencional y el tránsito vehicular. Se ha documentado que la matanza intencional y maliciosa es muy frecuente en el caso de las serpientes ya que

estos reptiles generan un temor mezclado con repulsión en el público general (Bonnet *et al.* 1999). En el caso de las boas en Cozumel hubo una mayor abundancia en las zonas con escasa presencia humana y una menor abundancia en las zonas con presencia humana. Las principales causas de mortalidad de boas en las zonas con presencia humana fueron la matanza intencional por medio de machetes y los atropellamientos en carretera. No encontré diferencias significativas entre la frecuencia de boas muertas y vivas en las zonas con escasa presencia humana y en las zonas con presencia humana, lo cual indica que no hay una interacción entre ambos factores. Sin embargo, se puede apreciar una tendencia hacia una menor abundancia de boas muertas y una mayor abundancia de boas vivas en las zonas con escasa presencia humana y una mayor abundancia de boas muertas y una menor abundancia de boas vivas en las zonas con presencia humana. Esto sugiere la posibilidad de que la gente está controlando en algún grado las poblaciones de boa en las zonas habitadas de la isla. Desde el punto de vista de un programa de control y/o erradicación de la especie introducida, esto es una circunstancia favorable. Sin embargo, la mayor parte de Cozumel tiene pocas zonas habitadas (Fig. 3), por lo que su control o posible erradicación es un gran reto.

El tránsito vehicular en carreteras tiene un efecto negativo en el tamaño poblacional de las especies por el riesgo de atropellamiento que conlleva el desplazamiento de individuos entre un sitio y otro (Bonnet *et al.* 1999, Vega *et al.* 2000, Terborgh *et al.* 2001). Debido a los efectos que trae consigo el tránsito vehicular en carreteras (Forman y Alexander 1998), esperaba encontrar una correlación negativa entre el número de boas vivas y el número de vehículos y una correlación positiva entre el número de boas muertas y el número de automóviles. El hecho de no encontrar correlaciones significativas entre las variables antes mencionadas, se lo atribuyo a que hace falta un mayor esfuerzo de muestreo y no a que dichas correlaciones esperadas no se presenten en las boas de Cozumel. Sin embargo, las tendencias

hacia una correlación negativa entre boas y tránsito vehicular sugieren, al igual que la abundancia de boas en zonas con diferente influencia antropogénica, que la población humana puede ser un agente controlador significativo del tamaño poblacional de las boas en Cozumel, al menos en las zonas con presencia humana.

Invasión de boas en Cozumel y su repercusión sobre la biota nativa

En el trabajo realizado por Martínez-Morales y Cuarón (1999) se documenta la posible introducción de boas a la isla en 1971. Según las entrevistas realizadas por estos autores, al parecer se introdujeron de dos a seis individuos en las zonas de Xlapac y Palancar, localizadas al noreste y suroeste de Cozumel, respectivamente. A partir de estas localidades las boas se han ido estableciendo por toda la isla, utilizando de manera indistinta los tipos de vegetación presentes en ella, incluyendo zonas con evidente presencia humana. Con este trabajo se corrobora el establecimiento y la dispersión exitosa de las boas por la isla después de 32 años de su probable introducción.

Por lo general, las islas son frecuentemente menos diversas que el continente, por lo que son más susceptibles a una invasión (Tilman 1997). Asimismo, la biota nativa de estos sistemas insulares suele ser menos competitiva que la del continente (Sakai *et al.* 2001). Estas características de los sistemas insulares propician que las especies exóticas aumenten su competitividad y sus habilidades de invasión haciéndose más abundantes y con mayor capacidad de dispersión que en su hábitat natural (Maynard Smith 1989, Tilman 1999), el cual es el caso de la boa en Cozumel. Esta capacidad de dispersión es debida a que en este nuevo sistema, por lo general, no hay agentes reguladores de su tasa de pérdida como competidores, depredadores, patógenos y parásitos o son menos abundantes que en su hábitat original (Tilman 1999). Es posible que además en el caso de la boa en Cozumel, hayan ocurrido

eventos de introducción múltiple en los que según Sakai *et al.* (2001) se provee una mayor diversidad y flujo génico que a su vez incrementan el éxito en la invasión de las especies exóticas.

Las especies exóticas con alta capacidad de invasión provocan impactos ecológicos y genéticos en las comunidades nativas. Las interacciones ecológicas entre especies nativas y especies invasoras pueden ser directas (depredación, parasitismo, competencia y mutualismo) o indirectas (alteración del hábitat y efectos en cascada). Ambos tipos de interacciones dan como resultado cambios en la biología de poblaciones (nacimientos, muertes y migración) de las especies nativas, ocasionando cambios conductuales y alteraciones en las tasas vitales de dichas especies llevándolas en el caso más extremo a la extinción (Maynard Smith 1989, Sakai *et al.* 2001). En el caso de Cozumel las especies nativas tienen abundancias muy bajas (Martínez-Morales 1999, Gutiérrez-Granados 2003, Cuarón *et al.* 2004). Incluso un roedor endémico (*Peromyscus leucopus cozumelae*) que se reportaba como abundante en la década de 1980 (Engstrom *et al.* 1989) no se ha vuelto a registrar durante el curso de otras investigaciones recientes dentro de la isla (Gutiérrez-Granados 2003, Cuarón com. pers.). Una de las causas probables de esta baja abundancia y posible extinción de la fauna nativa es la introducción de la boa a Cozumel. Sin embargo, la isla está sujeta a diversas fuentes de perturbación como son los huracanes y la introducción de otras especies exóticas, entre las que figuran la presencia de perros y gatos ferales que, al igual que la boa, pueden sumarse a los factores negativos que afectan la dinámica poblacional de la biota nativa.

La gente local ha manifestado haber visto a las boas comer crías de perros y gatos ferales. Por ello, es importante considerar que la remoción de especies invasoras puede afectar la subsecuente respuesta ecológica y evolutiva de las comunidades originales (Sakai *et al.* 2001). Los resultados de dicha remoción pueden resultar poco satisfactorios para las especies

nativas que en otros sistemas se han adaptado a la presencia de las especies introducidas (Sakai *et al.* 2001, Zavaleta *et al.* 2001). Con el fin de promover la conservación de la biota nativa, es recomendable la erradicación, o al menos el control, de la población de boas en Cozumel. Sin embargo, la erradicación de la boa en Cozumel tiene que estudiarse con detenimiento, ya que puede tener consecuencias difíciles de predecir para las poblaciones de otras especies introducidas. A pesar de que esta serpiente es una amenaza para la biota nativa de la isla, también podría ser un agente controlador de la población de perros y gatos ferales, así como de ratas y ratones de ciudad (*Rattus spp.* y *Mus musculus*) que también pueden provocar efectos negativos a la biota nativa. Adicionalmente, a pesar de que para Cozumel podría resultar beneficiosa la aniquilación de boas, este mensaje podría llegar a malinterpretarse en la porción continental de México, lo cual sería catastrófico para dicha especie, ya que se encuentra catalogada como amenazada según la normatividad mexicana (SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001).

Quedan todavía varias características biológicas y ecológicas por investigar sobre las boas de Cozumel. Dentro de las que se encuentran: determinar el ámbito hogareño, periodos de actividad, uso del espacio, épocas de reproducción, diferencias en la estructura de tamaños por sexo y condición reproductiva en el caso de las hembras. Asimismo, hace falta explorar lo que sucede con las boas en la zona urbana. Adicionalmente, sería importante profundizar sobre los efectos sinérgicos y directos que provocan las tres principales especies depredadoras introducidas a la isla (perros, gatos y boas), así como los efectos indirectos que causan otros agentes de perturbación como los huracanes, deforestación de la vegetación y actividades turísticas sobre la biota nativa de Cozumel.

Por la información que hemos obtenido de este trabajo y otros que se están llevando a cabo en la actualidad, sería recomendable que para evitar que la población de boa crezca, se

lograra controlar la sobrepoblación de otras especies exóticas de las cuales se alimenta, como las ratas que viven en la ciudad. En este caso, la participación de la ciudadanía es de vital importancia, ya que se requiere hacer un manejo adecuado de la basura para evitar que las ratas obtengan alimento y refugio que la misma gente les provee. Adicionalmente, se requiere hacer énfasis en programas de educación ambiental y concientización para reducir la introducción de especies exóticas a la isla.

CONCLUSIONES

1. Contrario a mis hipótesis, las boas se encuentran distribuidas por toda la Isla Cozumel sin mostrar preferencias hacia algún tipo de vegetación o zona geográfica de la isla. Lo cual indica que posiblemente las boas son generalistas en cuanto a sus requerimientos de hábitat en Cozumel. Asimismo, parece no existir un pico de actividad marcado por hora del día, mes o estación del año. Por lo que se pueden observar boas activas en cualquier hora del día, mes o estación del año.
2. De acuerdo a los estudios sobre herpetofauna que se han realizado en la porción continental de México, aparentemente las tasas de avistamientos de boas en Cozumel son más altas que en el continente.
3. Al parecer, la gente es un factor regulador importante del tamaño poblacional de las boas en las zonas habitadas. Sin embargo, existe una gran área deshabitada y con vegetación natural conservada donde las boas pueden encontrar hábitat disponibles.
4. Probablemente existe una correlación negativa entre el tránsito vehicular y la abundancia de boas. Sin embargo, se requiere de un mayor esfuerzo de muestreo para obtener una mayor cantidad de datos y así generar conclusiones más robustas y objetivas.
5. El control y la eventual erradicación de las boas para promover la conservación de la biota nativa de Cozumel requiere un mayor esfuerzo de estudio y un manejo apropiado de la información para no propiciar interpretaciones erróneas entre la gente local.

LITERATURA CITADA

- Andrewartha, H.G. y L.C. Birch. 1974. *The distribution and abundance of animals*. The University of Chicago Press. U.S.A.
- Arthur, S.M., B.F.J. Manly, L.L. McDonald y G.W. Garner. 1996. Assessing habitat selection when availability changes. *Ecology* 77(1): 215-227.
- Barbour, M.G., J.H. Burk y W.D. Pitts. 1987. *Terrestrial plant ecology*. 2^a ed. Benjamin/Commings. U.S.A.
- Barreto-Oble, D. 2000. Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Beard, K.H., S. McCollough y A.K. Eschtruth. 2003. Quantitative assessment of habitat preferences for the Puerto Rican terrestrial frog, *Eleutherodactylus coqui*. *Journal of Herpetology* 31 (1): 10-17.
- 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 Córdoba, Argentina. *Vida Silvestre Neotropical* 7 (2-3): 132-135.
- 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(3): 510-516.
- Boback, S.M. 2003. Body size evolution in snakes: evidence from island populations. *Copeia* 1: 81-94.
- Bonnet, X., G. Naulleau y R. Shine. 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89: 39-50.

- Brito, J.C. 2003. Seasonal variation in movements, home range, and habitat use by male *Vipera latastei* in Northern Portugal. *Journal of Herpetology* 37(1): 155-160.
- Byers, C. R., R.K. Steinhorst y P.R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 48 (3): 1050-1053.
- Castoe, T.A. 2002. Microhabitat selection in *Porthidium nasatum* (serpents: viperidae) in Costa Rica, with comments on ontogenetic variation. *Herpetological Review* 33(3): 174-175.
- Collins, S.L. 1990. Habitat relationships and survivorships of tree seedlings in hemlock-hardwood forest. *Canadian Journal of Botany* 68: 790-797.
- Collins, S.L. y R.E. Good. 1987. The seedling regeneration niche: habitat structure of tree seedlings in an oak-pine forest. *Oikos* 48: 89-98.
- 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): 1-6.
- Cuarón, A.D. 2000a. A global perspective on habitat disturbance and tropical rainforest mammals. *Conservation Biology* 14: 1574-1579.
- Cuarón, A.D. 2000b. Effects of land-cover changes on mammals in a neotropical region: a modeling approach. *Conservation Biology* 14: 1676-1692.
- 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.

- Chiaraviglio, M., M. Bertona, G. Cardozo, P. Rivera y S. Lucino. 2001. Atributos de la historia de vida de la lampalagua (*Boa constrictor occidentalis*) en dos Departamentos de la Provincia de Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 66: 55-60.
- Chiaraviglio M., M Bertona, M. Sironi y S. Lucino. 2003. Intrapopulation variation in life history traits of *Boa constrictor occidentalis* in Argentina. *Amphibia-Reptilia* 24(1): 65-74.
- Dalrymple, G.H., T.M. Steiner, R.J. Nodell y F.S. Bernardino. 1991. Seasonal activity of the snakes of Long Pine Key, Everglades National Park. *Copeia* 2: 294-302.
- Diller, O.D. 1935. The relation of temperature and precipitation to the growth of beech in Northern Indiana. *Ecology* 16: 72-81.
- Doan, T.M. 2003. Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna?. *Journal of Herpetology* 37: 72-81.
- Engstrom, M.D., C.A. Schmidt, J.C. Morales y R.C. Dowler. 1989. Records of mammals from Isla Cozumel, Quintana Roo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 34: 413-415.
- Forman, R.T.T y L.E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Fritts, T.H. y G.H. Rodda. 1998. The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. *The Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 113-140.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. UNAM, México.
- Gómez-Pompa, A., C. Vazquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda. 1983. *Regeneración de selvas*. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, A.C. México.
- Gotelli, N.J. 1995. *A primer of ecology*. Sinauer Associates, Inc. U.S.A.

- Greene, H.W. 1997. *Snakes: the evolution of mystery in nature*. University of California Press. Hong Kong.
- Gutiérrez-Granados, G. 2003. Ecología de los ratones de Cozumel y su relación con el sotobosque. *Tesis de maestría*. UNAM, México.
- Himes, J.G. 2003. Intra and interespecific competition among the water snakes *Nerodia sepedon* and *Nerodia rhombifer*. *Journal of Herpetology* 37(1): 126-131.
- Huey, R.B., Ch. R. Peterson, S.J. Arnold y W.P. Poter. 1989. Hot rocks and not so hot rocks: retreat-site selection by garter snakes and its thermal consequences. *Ecology* 70(4): 931-944.
- Jepsen, J.U., N.E. Eide, P. Prestrud y L.B. Jacobsen. 2002. The importance of prey distribution in habitat use by arctic foxes (*Alopex lagopus*). *Canadian Journal of Zoology* 80: 418-429.
- Kennedy, M. y M. Kennedy. 2001. Breeding the Colombian boa. *Reptile and Amphibian Hobbyist* 7: 30-36.
- Luttbeg, B. y O.J. Schmitz. 2000. Predator and prey models with flexible individual behavior and imperfect information. *American Naturalist* 155(5): 669-683.
- Madsen, T. 1984. Movements, home range size and habitat use of radio-tracked grass snakes (*Natrix natrix*) in southern Sweden. *Copeia* 3: 707-713.
- Madsen, T. y R. Shine. 1996. Seasonal migration of predators and prey – a study of phytoms and rats in tropical Australia. *Ecology* 77: 149-156.
- Martínez-Morales, M.A. 1996. The Cozumel Curassaw: abundance, habitat preference and conservation. *Tesis de maestría*. Universidad de Cambridge.
- Martínez-Morales, M.A. 1999. Conservation status and habitat preferences of the Cozumel Curassow. *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.
- Maynard Smith, J. 1989. The causes of extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society in London* 325: 241-252.
- Mysterud, A. y R.A. Ims. 1998. Functional responses in habitat use: availability influences relative use in trade-off situations. *Ecology* 79(4): 1435-1441.
- Neu, C.W., C.R. Byers y J.M. Peek. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 38 (3): 541-545.
- Osborne, P.E., J.C. Alonso y R.G. Bryant. 2001. Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. *Journal of Applied Ecology* 38: 458-471.
- Paine, R.T. 1966. Food Web Complexity and Species Diversity. *The American Naturalist* 100: 850-859.
- Peterson, Ch.R. 1987. Daily variation in the body temperatures of free-ranging garter snakes. *Ecology* 69(1): 160-169.
- Resources Inventory Committee. 1998. *Inventory methods for snakes standards for components of British Columbia's biodiversity* # 38. Resources Inventory Committee. British Columbia.
- Reynoso, V.H., F. Mendoza, C.S. Valdespino y X. Sánchez-Hernández. En Prensa. Análisis de la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en zonas perturbadas en las riberas de los ríos Tonalá y González, sur de Veracruz y Tabasco. En: Bueno, J., F. Álvarez-Noguera y S. Santiago (Eds.). *Biodiversidad de Tabasco*. Instituto de Biología. UNAM, México.

- Rodríguez, G.A. 1984. Bat predation by the Puerto Rican boa, *Epicrates inornatus*. *Copeia* 1: 219-220.
- Roemer, G.W., T.J. Coonan, D.K. Garcelon, J. Bascompte y L. Laughrin. 2001. Feral pigs facilitate hyperpredation by golden eagles and indirectly cause the decline of the island fox. *Animal Conservation* 4: 307-318.
- Roemer, G.W., C.J. Donlan y F. Courchamp. 2002. Golden eagles, feral pigs, and insular carnivores: How exotic species turn native predators into prey. *PNAS* 99(2): 791-796.
- Romero-Nájera, I. 2000. Estructura y condiciones microambientales en bosques perturbados de Los Altos de Chiapas, México. *Tesis de licenciatura*. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Rutherford, P.L. y P.T. Gregory. 2003. Habitat use and movement patterns of Northern alligator lizards (*Elgaria coerulea*) and western skinks (*Eumeces skiltonianus*) in southeastern British Columbia. *Journal of Herpetology* 37(1): 98-106.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México.
- Sakai, A.K., F.W. Allendorf, J.S. Holt, D.M. Lodge, J. Molofsky, D.A. With, S. Baughman, R.J. Cabin, J.E. Cohen, N.C. Ellstrand, D.E. McCauley, P. O'Neil, I.M. Parker, J.N. Thompson y S.G. Weller. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- Sauer, J.R. y N.A. Slade. 1987. Size-based demography of vertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 71-90.
- Schmida, A. y M.V. Wilson. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12: 1-20.

- Schnitzler, A. y F. Borlea. 1998. Lessons from natural forests as keys for sustainable management and improvement of naturalness in managed broad leaved forests. *Forest Ecology and Management* 109: 293-303.
- Secor, S.M. 1994. Ecological significance of movements and activity range for the sidewinder, *Crotalus cerastes*. *Copeia* 3: 631-645.
- Seigel, R.A., J.T. Collins y S.S. Novak. 1987. *Snakes: ecology and evolutionary biology*. McGraw-Hill. U.S.A.
- 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.
- Sironi, M., Chiaraviglio, M., Cervantes, R., Bertona, M., and Rio, M. 2000. Dietary habits of *Boa constrictor occidentalis*, in the Cordoba Province, Argentina. *Amphibia-Reptilia* 21: 226-232.
- Sokal, R.R. y F. J. Rohlf. 1986. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman. U.S.A.
- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *The Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Stone, A. y D.A. Holtzman. 1996. Feeding responses in young boa constrictors are mediated by vomeronasal system. *Animal Behavior* 52: 949-955.
- Sutherland, W.J. 2000. *The Conservation Handbook: Research, Management and Policy*. Blackwell Science. Inglaterra.

- Téllez, O., E.F. Cabrera, E. Linares y R. Bye. 1989. *Las plantas de Cozumel*. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Terborgh, J., L. Lopez, P. Nuñez, M. Rao, G. Shahabuddin, G. Orihuela, M. Riveros, R. Ascanio, G.H. Adler, T.D. Lambert y L. Balbas. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294: 1923-1925.
- Tilman, D. 1997. Community invisibility, recruitment limitation and grassland biodiversity. *Ecology* 78(1): 81-92.
- Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80(5): 1455-1474.
- Wang, T., E.W. Taylor, D. Andrade y A.S. Abe. 2001. Autonomic control of heart rate during forced activity and digestion in the snake *Boa constrictor*. *The Journal of Experimental Biology* 204: 3553-3560.
- Vega, L.E., P.J. Bellagamba y L.A. Fitzgerald. 2000. Long-term effects of anthropogenic habitat disturbance on a lizard assemblage inhabiting coastal dunes in Argentina. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1653-1660.
- Veitch, C.R. y M.N. Clout. 2002. *Turning the tide: the eradication of invasive species. Proceedings of the international conference on eradication of island invasives*. IUCN. 414 pp.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International, Inc. U.S.A.
- Zavaleta, E.S., R.J. Hobbs y H.A. Mooney. 2001. Viewing invasive species in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology and Evolution* 16 (8): 454-459.
- Zug, G.R., L.J. Vitt y J.P. Caldwell. 2001. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press. U.S.A.