



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

**EFFECTOS DE LOS HURACANES EMILY Y
WILMA EN LOS MAMÍFEROS MEDIANOS DE
COZUMEL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

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

PRESENTA

MARIA EUGENIA CRUZ COPA ALVARO

DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN

México, D. F.

Junio, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Esta tesis corresponde a los estudios realizados con una beca otorgada por la Secretaria de Relaciones Exteriores de México, en el marco del Programa de becas de Licenciatura y Posgrado entre el Gobierno de México y el de Bolivia.

Recibí apoyo económico del CONACYT con el proyecto "Efectos ecológicos de la introducción de la boa (*Boa constrictor*) sobre la biota de Cozumel" (CONACYT 33635-V), del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACyT con el proyecto "Ecología y manejo para la conservación de una biota endémica insular críticamente amenazada" (SEMARNAT-2002-c01-0571) y del Durrell Wildlife Conservation Trust. Estos últimos tres proyectos estuvieron bajo la dirección del Dr. Alfredo Cuarón.

Agradezco el apoyo y la guía realizada por miembros del comité de Tutorial:

Dr. David Valenzuela

Dra. Ella Vázquez

Dr. Enrique Martínez

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis esta dedicada a los mamíferos de Cozumel, los mapaches, tejones, armadillos, agutis, tlacuaches, martuchas, pecaries, zorras si aún existen y a los magníficos tigrillos... si pudieran oírme ¡gracias!

Un sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, principalmente a los profesores de cada materia que cursé, por el empuje, la oportunidad y las ventajas que dan a sus estudiantes, muchas gracias. Una vez más a los miembros del Comité Tutoral y A. Cuarón, por encaminar el desarrollo de todo mi trabajo en Cozumel, por enseñarme a “caer en cuenta”.

A la Dra Ellen por responder a los primeros mensajes que envié desde Bolivia, por apoyar mi deseo de superación, y también porque aún en la etapa más oscura de mi paso por la maestría, sin ser su responsabilidad, me echo la mano.

Un agradecimiento especial a Denis García y Sandra Bautista por dejarme utilizar los datos que recopilaron antes de los huracanes, todo para un objetivo común.

A David por aceptar asesorarme, por mostrarme los errores con el más noble carácter. Por tratar de entenderme y a veces solo aceptar. Por enseñarme a dejar de lado el espíritu pesimista que a veces me dominaba.

También quiero agradecer a:

Mi querida tierra Bolivia, porque solo después de conocerla profundamente y llegar a México me di cuenta de lo mucho que tenemos y también lo mucho que nos hace falta. Espero sinceramente que con los años podamos hacer nuestra propia historia, manteniendo nuestra identidad, conservando y respetando la vida silvestre y... salvaje.

A todos los que me ayudaron en el campo, realmente muchas gracias porque sin su ayuda ninguno de estos resultados estaría completo. Horacio Mena y Rodrigo porque pese a todo inconveniente en los primeros muestreos yo salí aprendiendo mucho de ahí. A Dani Martínez, por ser la mexicana más chambeadora que conocí y por la amistad que compartimos, a Alejandro Tus, Sarahi López, Enrique, Jorge Segala, por ayudarme en todo. A los simpatiquísimos Aldo y Melisa, muchas gracias por hacer de mis últimos días en Cozumel algo tan divertido. A Héctor Perdomo y Sandra Bautista por el esfuerzo que hicieron al ayudarme a poner y levantar las trampas de huella.

A todos los que me abrieron las puertas de sus hogares para darme un poco de familiaridad y tranquilidad estando lejos del mundo al que estuve acostumbrada; a la Sra. María del Refugio, Héctor e Ibett (en mi primer viaje); a Juana Martínez, Ibett, Héctor por ayudarme a establecerme en mi segunda llegada a México; a los habitantes de la casa rosa en Uacusecha-Xangari muchas gracias por todo. A Leti Ramirez, a la mamá de Héctor y la mamá de Pavka por darme cobijo entre los constantes viajes, a Rocio Mercado y a toda su familia por adoptarme como la hija mayor de la familia (gracias niñas por hacerme sentir una vez más en casa), a Pavka por prestarme su recamara en el DF, a Dani Martínez por abrirme las puertas de su casa en Cuernavaca y a Belinda por prestarme en esta última etapa su hermosa casa en el rincón más singular de Ocotepc.

A todos los de la iglesia con quienes compartí momentos especiales en Cuernavaca, Morelia, DF, Cozumel y Bolivia. A Angélica por compartir una misma visión en cuanto a la vida cristiana como dice la canción “cabezas duras como rocas pero han creído y esa es su fuerza y su razón, nadie les puede decir que no” y a todos los chicos de “más 24” todo fue muy divertido, aprendí mucho de su perseverancia en la vida.

A todos mis compañeros de la carrera en La Paz que desde lejos me echaban porras para continuar y salir adelante, a mis buenas amigas Geovi y Norka por no olvidarse de mí. A los nuevos compañeros en la maestría muchas gracias, a mi laboratorio virtual en Morelia gracias por compartir e impartir tanta novedad en mi vida, muchas gracias Gabi e Ibett por su amistad.

A los niños de los hogares “El buen Pastor” en Morelia y “Los Conquistadores” en Cuernavaca por permitirme ayudarles y alegrarme como parte de su familia.

A mi Familia querida en Bolivia, porque desde lejos fueron un apoyo incomparable. A mis papás porque toda su vida es un ejemplo para mí. A mi hermano Al por querer siempre lo mejor para sus hermanos menores, a mi hermano Mar por su espíritu nunca conformista, a mi hermanita Ju por darme ánimo siempre, a los tres gracias por todos los años de bromas, conflictos, preocupaciones, preguntas, respuestas, dudas y mucho más, por ser mis hermanos y mis amigos también, yo sé que mi logro es el de ustedes.

Y finalmente a Dios; por la vida animal de este planeta por la hermosa naturaleza tan dinámica, tan inmensa con procesos y adaptaciones sorprendentes, porque todo esto tiene un sentido. Por su mucha gracia y compañía.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION GENERAL	3
2. CAPITULO I: EFECTO DE LOS HURACANES EMILY Y WILMA EN LA POBLACIÓN DE MAPACHES PIGMEOS (<i>PROCYON PYGMAEUS</i>) EN LA ISLA COZUMEL.....	7
2.1. INTRODUCCIÓN	8
2.2. ANTECEDENTES.....	10
2.3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	19
2.4. OBJETIVOS.....	20
2.5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.6. RESULTADOS.....	31
2.7. DISCUSIÓN.....	42
2.8. CONCLUSIONES	50
3. CAPITULO II: ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MAMÍFEROS MEDIANOS DE COZUMEL ANTES Y DESPUÉS DE LOS HURACANES EMILY Y WILMA..	55
3.1. INTRODUCCION	56
3.2. ANTECEDENTES.....	57
3.3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA.....	66
3.4. OBJETIVOS	67
3.5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	67
3.6. RESULTADOS.....	73
3.7. DISCUSIÓN.....	80
3.8. CONCLUSIONES	82
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL	84
5. RECOMENDACIONES	86
6. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	91

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1. MODELOS Y ESTIMADORES DE LA PROBABILIDAD DE CAPTURA.....	28
TABLA 2.2. NÚMERO DE INDIVIDUOS, TOTAL DE CAPTURAS Y ESFUERZO DE MUESTREO ANTES Y DESPUÉS DE LOS HURACANES.....	32
TABLA 2.3. ESTIMADORES OBTENIDOS EN EL PROGRAMA MARK PARA LAS CAPTURAS DE <i>P.</i> <i>PYGMAEUS</i> DESPUÉS DE LOS HURACANES EMILY Y WILMA. N=TAMAÑO POBLACIONAL, SE=ERROR ESTÁNDAR, IC=INTERVALOS DE CONFIANZA ASIMÉTRICOS AL 95%, P_c = PROBABILIDAD DE CAPTURA.	33
TABLA 2.4. COMPARACIÓN PRE- VS POST-HURACÁN DE ALGUNOS PARÁMETROS POBLACIONALES (ABUNDANCIA, PROPORCIÓN DE JUVENILES Y PROPORCIÓN DE HEMBRAS REPRODUCTIVAS) DE <i>PROCYON PYGMAEUS</i>	35
TABLA 2.5. ESFUERZO DE CAPTURA, NÚMERO DE INDIVIDUOS CAPTURADOS Y TASA DE ENCUENTRO POR SESIÓN EN CADA UNO DE LAS ZONAS DE MUESTREO DURANTE 2006, TRAS EL PASO DE LOS HURACANES EMILY Y WILMA EN EL VERANO DE 2005.	37
TABLA 2.6. TAMAÑO POBLACIONAL, RESULTADOS DEL MODELO ROBUSTO. DENSIDAD PARA LAS PRIMERAS SESIONES EN LAS TRES ZONAS DE MUESTREO.....	37
TABLA 3.1. ESFUERZO DE MUESTREO PARA EL REGISTRO DE HUELLAS EN SELVA MEDIANA DURANTE EL 2004 Y EL 2006.	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: RUTA DE LOS HURACANES QUE PASARON SOBRE LA ISLA COZUMEL.....	17
FIGURA 2.2. NIVEL DE INUNDACIÓN EN LA ZONA MEDIA DE LA ISLA COZUMEL	18
FIGURA 2.3. ÁREA DE MUESTREO EL MANGLAR DESPUÉS DE LOS HURACANES.....	18
FIGURA 2.4: MAPA DE UBICACIÓN Y TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA ISLA COZUMEL.....	23
FIGURA 2.5: ÁREAS DE MUESTREO, NÚMERO Y DISPOSICIÓN DE LAS TRAMPAS.	26
FIGURA 2.6: PESO PROMEDIO E INTERVALOS DE CONFIANZA DE <i>P. PYGMAEUS</i> ANTES Y DESPUÉS DE LOS HURACANES	36
FIGURA 2.7: PESO PROMEDIO E INTERVALOS DE CONFIANZA DE LOS MAPACHES POR HÁBITAT EN LOS MUESTREOS POST-HURACÁN.	39
FIGURA 2.8: MEDIA MARGINAL DEL PESO <i>P. PYGMAEUS</i> POR SEXO Y HÁBITAT EN LOS MUESTREOS POST-HURACÁN.....	39
FIGURA 2.9: MEDIA MARGINAL DEL PESO DE <i>P. PYGMAEUS</i> POR SESIÓN EN LOS MUESTREOS POST-HURACÁN	40
FIGURA 2.10: MEDIA MARGINAL DEL PESO DE <i>P. PYGMAEUS</i> POR HÁBITAT Y POR SESIÓN EN LOS MUESTREO POST-HURACÁN.....	41
FIGURA 2.11: MEDIA MARGINAL DEL PESO DE <i>P. PYGMAEUS</i> PARA MACHOS Y HEMBRAS POR SESIÓN Y HÁBITAT.....	42
FIGURA 3.1: PUNTOS DE MUESTREO Y DISPOSICIÓN DE LAS TRAMPAS DE HUELLAS SOBRE LOS CAMINOS DE CAPA..	70
FIGURA 3.2: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS HUELLAS.	74
FIGURA 3.3: ÍNDICE DE ACTIVIDAD E INTERVALOS DE CONFIANZA DE LAS TRES ESPECIES DE MAMÍFEROS MEDIANOS.	76
FIGURA 3.4: ÍNDICE DE ACTIVIDAD E INTERVALOS DE CONFIANZA EN LAS ZONAS DE MUESTREO CAPA SUR Y CAPA NORTE.	78
FIGURA 3.5: RELACIÓN PROPORCIONAL DE LOS MAMÍFEROS	79

RESUMEN

Las perturbaciones naturales pueden ocasionar una mortalidad inmediata o afectar la supervivencia a corto o largo plazo a través de cambios en otros parámetros poblacionales como, proporción de juveniles y hembras reproductivas. Una perturbación puede ocasionar la disminución de los recursos alimenticios y en consecuencia una baja en la condición corporal. En julio y octubre del 2005 los huracanes Emily y Wilma, ambos de categoría 5 (escala Saffir-Simpson), pasaron por Cozumel ocasionando perturbaciones con diferentes efectos en los tres hábitats principales: Manglar (61 km²), Selva Mediana (310 km²) y Selva Baja (27 km²). Aunque una pérdida similar de cobertura vegetal fue observada en los tres hábitats, la zona de Manglar, considerada como hábitat sensible a los huracanes, sufrió una inundación prolongada respecto a los otros sitios. Es de esperarse que los huracanes tengan un efecto mayor en las especies con tamaño poblacional pequeño como las especies endémicas. Así, esperaríamos un efecto mayor en especies endémicas que habitan los Manglares como los mapaches pigmeos, además de cambios en los parámetros poblacionales, esperaríamos un movimiento direccional cruzando los hábitats más expuestos (Manglar) hacia hábitats más protegidos (Selva Mediana). En este escenario, y contando con registros previos a los huracanes, me propuse: 1) Evaluar el efecto que Emily y Wilma tuvieron sobre la densidad (éxito de captura), porcentaje de juveniles y de hembras reproductivas, supervivencia y condición corporal de la población de mapaches pigmeos (*Procyon pygmaeus*) en Manglar, Selva Mediana y la Transición de estos dos hábitats. 2) Evaluar el efecto de los huracanes sobre la actividad (y/o abundancia) de los mamíferos medianos (*Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni* y *Didelphys marsupialis cozumelae*) en el centro de la Isla, zona caracterizada como Selva Mediana. Para el primer objetivo, durante 2006, recopilé datos a través de captura-recaptura en los tres hábitats y para el segundo, medí la actividad de los mamíferos a través de muestreos con trampas de huellas. Estimé el tamaño poblacional, densidad e índice de actividad, utilizando protocolos de análisis estándar incluidos en los programas Mark 4.3 y Density 3.3, para el análisis de las huellas calcule un Índice de Actividad. De los 105 individuos (157 capturas con 52 recapturas) de *P. pygmaeus*, solamente cuatro mapaches fueron capturados en Selva Mediana. Por esta razón, éste hábitat no fue considerado en las comparaciones. Los resultados del primer objetivo indican que, la densidad de los mapaches no disminuyó en la zona de Manglar, mientras que en Transición se observó una disminución significativa de 91 a 12 ind/ km². En la zona de Manglar el porcentaje de juveniles disminuyó de 55 a 38 % mientras que la proporción de hembras reproductivas no difirió en ambos hábitats. En cuanto a la condición corporal los mapaches de Transición presentaron entre 15 y 30 % para hembras y machos respectivamente, mejor condición que los mapaches de Manglar. Todo esto indica que los huracanes afectaron mayormente a los mapaches de Manglar, sin embargo, se observó que este efecto no alcanzó al nivel poblacional. Respecto al segundo objetivo, los resultados indican que, en la Selva Mediana del centro de la Isla, la actividad de las tres especies (*P. pygmaeus*, *N. nelsoni* y *D. m. cozumelae*) aumentó significativamente respecto a los registros pre-huracán. El resultado en *N. nelsoni* está relacionado principalmente al incremento en la densidad de tejones en la zona. En general, el resultado observado acerca de la actividad de las tres especies puede estar relacionado a la disponibilidad espacial y temporal de recursos. La escasez general de alimento puede llevar a un incremento en el movimiento de los animales dentro del hábitat local. Alternativamente, las inundaciones en zonas de hábitat preferido (Manglar para los mapaches), puede provocar un cambio en el uso de hábitat y consecuentemente aumentar la abundancia en zonas poco inundables (Selva Mediana).

ABSTRACT

Natural disturbances can either produce an immediate mortality or affect survivorship at a short or long term through changes in other population parameters as proportion of juveniles and reproductive females. A disturbance can lead to a diminishing in feeding resources and in consequence to produce a poor body condition of individuals. In July and October of 2005, hurricanes Emily and Wilma, both of categories five (Saffir-Simpson) passed through Cozumel producing disturbances with differential effects on the three main habitats: Mangrove (61 km²), Middle forest (310 km²) and Low forest (27 km²). Although a similar lost of vegetal coverture was observed at the three contiguous habitats, the mangrove, which is considered the most sensible habitat to hurricanes, suffered a prolonged flooding with respect to the other sites. It can be expected that hurricanes could have a stronger effect in demographic parameters in species with characteristically low population size. It can be also expected a directional increase in the movement of individuals across habitats from the most exposed habitats (mangrove) toward more protected habitat (Middle forest). In this scenario, and with the existence of information about population parameters and activity of individuals obtained before these hurricanes, I aimed: 1) to evaluate the effects of Emily and Wilma on the density, the proportion of juveniles animals, reproductive females and survivorship, as well as body condition of the pigmy raccoon (*Procyon pygmaeus*), an endemic species of the island with a population size of some hundreds of individuals. 2) To evaluate the effects of hurricane on the activity (and/or abundance) of three median size mammals (*P. pygmaeus*, *Nasua nelsoni* and *Didelphis marsupialis cozumelae*) in the central Cozumel, a zone characterized as a Middle forest. For the first objective I collected during 2006 data derived from capture and recapture methods in the three habitats and for the second one, I assessed mammals activity through a track survey. Estimates of population size, density and activity index were obtained though standard protocols included in Mark 4.3 y Density 3.3 software. From a total of 105 individuals captured (157 captures with 52 recaptures) of *P. pygmaeus*, only four racoons were capture in the Middle forest. By this reason, this habitat was no considered in the comparisons. The results of the first objective indicated that, the density of pigmy raccoon did no show significant differences at the Mangrove before and after the hurricanes. In contrast, the density decreased in the Transition zone from 91 to 12 ind/km². At the mangrove the percentage of juveniles individuals decreased from 55 to 38%, while the proportion of reproductive females did not differed in both habitats. The body condition in the Mangrove show significant differences, between 14 and 30%, for female and male respectively, more low than body condition in the Transition. Overall the results indicate that the pigmy raccoon from Mangrove were most affected in the body condition, however, it seems that this effect did not translate in a lost in a population level after the pass of the hurricanes. With respect to the second objective, the results indicated that, in the Middle forest of the central zone of the island, the activity of the three species (*P. pygmaeus*, *N. nelsoni* and *D. m. cozumelae*) increased one order of magnitude in comparison with the pattern registered before the hurricanes. The outcome in *N. nelsoni* is related to the increment in the density in the zone. In general, the observed results about the activity of the three species could be related to the spatial and temporal availability of resources. Scarcity of resources could promote an increment in the movements of animals within a local habitat. Alternatively, the flooding of the preferred habitats (mangrove), could have induced changes in the use of habitats and consequently, an increase in local abundance in less inundated zones (Median forest).

1. INTRODUCCION GENERAL

En el último siglo la sobreexplotación, la destrucción de hábitat y la introducción de especies, fueron las causas principales para que 13 especies de mamíferos se extinguieran en territorio mexicano (Ceballos et al. 2002). De éstas, 10 fueron endémicas del territorio mexicano por lo cual su pérdida es a escala mundial. Con este precedente, reducir la tasa de extinciones es una prioridad en los planes de conservación a nivel del país.

Uno de los grupos más vulnerables a la extinción, entre otros, es el grupo de las especies endémicas. Estas generalmente tienen poblaciones pequeñas y son en su mayoría especialistas en algún carácter (Kunin 1997). Una población pequeña no asegura un aumento progresivo en el tamaño poblacional y generalmente corre el riesgo de seguir la dirección contraria y disminuir en tamaño (Primack 2001). Un plan para conservar especies con estas características debe contemplar la preservación de todos los individuos que sea posible, para lo cual es necesario, en principio, contar con conocimientos sólidos acerca del estado poblacional y de los procesos dinámicos que afectan su tamaño y distribución (Primack 2001).

En México alrededor del 30 % de las especies de mamíferos son endémicas (161) de las cuales 48 % (77) se encuentran en alguna categoría de peligro (Ceballos et al. 2005, NOM-059-SEMARNAT 2001). La mayor parte de las especies endémicas son de tamaño corporal pequeño (ratones, murciélagos, musarañas, ardillas, tuzas). Entre los mamíferos endémicos mayores a 1 Kg., se encuentran siete lagomorfos, un roedor caviomorfo y tres carnívoros (*Spilogale pygmaea*, *Procyon insularis* y *P. pygmaeus*, Ceballos et al. 2005).

En 1994 el grupo de especialistas en mustélidos, vivérridos y prociónidos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos naturales (UICN) consideró a *P. pygmaeus* como especie amenazada (Glatston 1994) y posteriormente, en 1996 evaluó su estado de conservación y lo clasificó como “En Peligro” **C2a** (Mustelid Specialist Group 1996.). En México, el mapache pigmeo fue incluido en las listas nacionales como especie “En Peligro”

desde 1994 (NOM-059-ECOL-1994). Sin embargo, a pesar de su lamentable estado de conservación, al momento se han realizado pocos estudios y pocas acciones concretas que ayuden a mantener o mejorar las condiciones de las poblaciones silvestres de *P. pygmaeus*. Uno de estos estudios es el proyecto de investigación a gran escala y a largo plazo “Ecología y Manejo para la Conservación de una Biota Endémica Insular Críticamente Amenazada” (SEMARNAT-2002-C01-0571) que ha generado información valiosa para conocer el estado de conservación actual de la biota endémica de Cozumel y para promover su conservación. El presente trabajo de tesis se inserta en dicho proyecto de investigación.

La isla de Cozumel cuenta con una biota endémica numerosa, entre la que se incluye al mapache pigmeo y al tejón de Cozumel *Nasua nelsoni* (estado taxonómico no definido y muy probablemente una especie endémica). Esta fauna de distribución muy restringida, enfrenta diversas amenazas, tales como la destrucción y la fragmentación de sus hábitats naturales para permitir el desarrollo turístico, la cacería, la mortalidad causada por especies introducidas y la interacción sinérgica de estos factores con la ocurrencia natural de huracanes de gran intensidad (Navarro & Suarez, 1989; Glatston, 1994; Martínez-Morales & Cuarón, 1999; Cuarón et al. 2004).

Este último factor, es de especial importancia debido a que Cozumel se encuentra en una región donde los huracanes se presentan con bastante frecuencia, desde sus etapas iniciales como depresiones o tormentas tropicales, hasta huracanes de categoría 5 (escala Saffir-Simpson) con vientos superiores a los 250 km/ hora. Por lo tanto, la protección y criterios de manejo que se requieran para la conservación de los mamíferos presentes en Cozumel deben considerar la posible interacción de las perturbaciones asociadas a las actividades humanas con los efectos devastadores que los huracanes tienen sobre las áreas donde ocurren.

En este contexto, con el presente trabajo busqué aportar información básica sobre la abundancia, distribución y estado poblacional de los mamíferos medianos de Cozumel, con énfasis en el mapache pigmeo *Procyon pygmaeus*, especie endémica y en peligro de extinción. De manera particular busqué aportar información sobre el efecto que tienen los huracanes, específicamente los huracanes Emily y Wilma (que ocurrieron en el 2005), sobre las poblaciones de estas especies. En el Capítulo I presento una evaluación de los efectos directos que los huracanes tuvieron en la supervivencia a través de cambios en el tamaño poblacional, densidad y éxito de captura, e indirectos a través de cambios en la condición corporal, porcentaje de hembras reproductivas y juveniles. Esta información es relevante porque permite conocer la capacidad de respuesta de este carnívoro ante dichos fenómenos naturales, que se espera aumenten en cantidad y magnitud en los próximos años, como resultado del calentamiento global (Goldenberg et al. 2001).

En el Capítulo II presento un análisis de los cambios en abundancia y/o actividad de los mamíferos medianos presentes en la selva mediana de la zona central de la Isla Cozumel después del paso de los huracanes, basado en el registro de huellas. Esta zona en la Isla es importante para los pobladores debido a que es el área de extracción de agua potable, así, la conservación del sistema completo es un pago por el servicio ambiental que presta. Por ello, el estudio de los mamíferos medianos, su abundancia y su lugar en este sistema son relevantes para la conservación general de la zona.

Posteriormente presento la discusión, las conclusiones generales de mi trabajo y recomendaciones específicas para la conservación de las especies estudiadas.

**2. CAPITULO I: EFECTO DE LOS HURACANES
EMILY Y WILMA EN LA POBLACIÓN DE
MAPACHES PIGMEOS (*PROCYON PYGMAEUS*)
EN LA ISLA COZUMEL**

2.1. INTRODUCCIÓN

En general, se piensa que una perturbación natural es un evento inusual en la naturaleza, sin embargo, las poblaciones silvestres siempre han estado sujetas a un continuo de perturbaciones. Sousa (1984) en su trabajo recopila varios ejemplos de perturbaciones naturales en comunidades silvestres, así él define una perturbación como “Un evento discreto que elimina uno o más individuos, los desplaza o les causa daño, que directa o indirectamente crea una oportunidad para que nuevos individuos se establezcan”. Por tanto, la suma de estos eventos llega a ser “Una fuente mayor de heterogeneidad en la estructura y dinámica de una comunidad natural y un agente de selección natural en la evolución de la historia de vida”. En este contexto, las poblaciones de animales que experimentan una perturbación están sujetas a la posible pérdida de individuos o el desplazamiento parcial o el deterioro de la salud o todos estos, tal como lo indica Sousa (1984). Sin embargo, por sus características los animales pueden aminorar el efecto de estos cambios a través de respuestas fisiológicas y/o conductuales. Perturbaciones de gran intensidad como inundaciones, fuertes vientos o epidemias pueden alterar la vegetación y otros organismos asociados al hábitat y ser equiparables a cambios estacionales severos y en consecuencia las respuestas de los animales serían comparables a los cambios en estaciones (Karr & Freemark 1985).

En los bosques tropicales, los cambios estacionales se evidencian por la variación en la disponibilidad de agua, distinguiéndose dos épocas: húmeda y seca. La estacionalidad de las lluvias provoca la variación en la producción de recursos alimenticios (frutos, insectos y otros) determinando cambios estacionales en el uso que los animales tienen sobre los hábitat (Milton et al. 2005). En general, esta variación estacional en la disponibilidad de recursos provoca cambios en el peso promedio de los animales relacionado con una mayor probabilidad de

sobrevivencia y éxito reproductivo (Schulte-Hostedde et al. 2001). También, este cambio puede determinar variaciones en la reproducción debido a la calidad del ambiente para el desarrollo exitoso de las crías. Por ejemplo, épocas con mayor producción de frutos determinan cambios en la tasa reproductiva de liebres, tejones y monos (Fleming et al. 1972, Russell 1982, Van Wieren et al. 2006).

Las perturbaciones más comunes en la zona del Caribe son las tormentas tropicales, que se presentan todos los años con diferente intensidad y que a mayor fuerza se convierten en huracanes. Son fenómenos recurrentes que pueden considerarse como un extremo en el continuo de perturbaciones que suceden en esta región, y como un factor importante que afecta la ecología de las especies. En el área del Caribe mexicano, que es afectado por los huracanes, se encuentra la isla Cozumel, la segunda mayor en el país; que por su condición de área prioritaria para la conservación (con 26 taxa de vertebrados endémicos) es un sitio importante donde se puede obtener información para entender el efecto que los huracanes tienen sobre las poblaciones de las especies endémicas, muchas de las cuales son poco abundantes (centenas de animales; Cuarón et al. 2004). Entre los mamíferos presentes en la isla se encuentran dos carnívoros endémicos, críticamente amenazados: *Procyon pygmaeus* y *Nasua nelsoni*, para los que se tenía poca información sobre su biología hasta hace muy pocos años (Cuarón et al. 2004).

A partir del 2002 se empezó el proyecto de investigación a largo plazo “Ecología y Manejo para la Conservación de una Biota Endémica Insular Críticamente Amenazada” (SEMARNAT-2002-C01-0571) para generar información sobre la ecología de la biota endémica de Cozumel. Como resultado de esta iniciativa ahora se dispone de más información sobre algunas especies de vertebrados endémicos y sobre la ecología de la isla (Gutiérrez 2003, Cuarón et al. 2004, McFadden 2004, García-Vasco 2005, Gonzáles-Baca

2006, Bautista 2006, Perdomo 2006, Fuentes-Montemayor 2007). Entre los estudios realizados, dos trabajos aportaron información sobre morfometría, demografía y abundancia relativa de *P. pygmaeus* (McFadden 2004 y García-Vasco 2005).

Durante el 2005 dos huracanes de categoría 5 impactaron Cozumel: Emily, que tocó tierra el 17 de julio y Wilma el 20 de octubre 2005. El efecto combinado de ambos huracanes sobre la fauna silvestre, por la intensidad de la perturbación pudo tener: a) Un impacto directo e inmediato en supervivencia de los mamíferos medianos a través de cambios en abundancia, estructura de edades, proporción sexual y/o b) Un efecto indirecto a través del impacto en la vegetación y cambios en la disponibilidad potencial de recursos alimenticios (*e.g.* fruta o insectos) que a su vez ocasionaría cambios en la condición corporal promedio de los individuos y en el uso de los hábitats. En este sentido, con la información acumulada hasta el 2004 y el paso de los huracanes en 2005 se presentó la oportunidad de evaluar el efecto que estos tuvieron en las poblaciones de *Procyon pygmaeus*, por lo cual, con el presente trabajo me propuse generar datos poblacionales (*e.g.*, abundancia, estructura de edades, proporción sexual, peso o condición promedio de los individuos) de este carnívoro tras el impacto combinado de los huracanes Emily y Wilma, y comparar dicha información con los datos generados antes de estos eventos.

2.2. ANTECEDENTES

Efecto de los huracanes en poblaciones silvestres

Los efectos inmediatos de un huracán de gran magnitud en la **vegetación** son: la defoliación y el corte del estrato superior de los árboles (Brokaw & Walter 1991, Tanner et al. 1991, Whigham et al. 1991) y a largo plazo la muerte de individuos principalmente en zonas de

manglar (Kovacs et al. 2001, 2004). En el grupo de los *artrópodos* el efecto inmediato es sobre el número de individuos, el cual se recupera rápidamente y un año después puede llegar a ser mayor a los registros pre-huracán (Spiller et al. 1998, Waide 1991). En algunos grupos como las hormigas las poblaciones pueden ser resistentes a esta perturbación (Morrison 2002). En los *reptiles* se ha registrado que las poblaciones del genero *Anolis* disminuyen significativamente después de un huracán (Spiller et al. 1998), mientras que especies de tamaño mayor como las boas *Epicrates* sufren cambios en sus patrones de movimiento más que en el tamaño poblacional (Wunderle & Mercado 2004). En las *aves* los efectos estuvieron relacionados al gremio alimenticio, la población de aves frugívoras y nectarívoras disminuye significativamente después de un huracán y la población de insectívoras y omnívoras se recupera rápidamente (Lynch 1991, Waide 1991).

En los *mamíferos* se ha registrado una combinación de los efectos hasta ahora vistos en los demás grupos de animales. En las especies grandes (> 10 kg de peso) se observaron cambios a nivel conductual por los patrones de movimiento y cambios en el crecimiento poblacional por el porcentaje de crías. En la península de Florida, donde se realizó el seguimiento de venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) antes y después del paso del huracán George en 1998 e Irene en 1999, no se encontró ningún venado muerto a causa de los huracanes pero sí un cambio en el porcentaje de crías (López et al. 2003). Tras los huracanes se registró el doble de juveniles debido a la mayor cantidad y calidad de recursos (rebrotos), también se registró un aumento en el área de acción y un aumento en la distancia media de movimiento de los venados (López et al. 2003). Similarmente en el noreste de Francia, se documentó que tras el paso del huracán Lothar los corzos (*Capreolus capreolus*) fueron afectados positivamente, una vez más, por los recursos en mejor calidad que las hojas viejas antes del huracán. La diferencia fue que, en esta zona gracias a la disponibilidad de los

recursos, los venados evitaron los grandes movimientos (Widmer et al. 2004). Otro ejemplo de los efectos de los huracanes en mamíferos grandes fue registrado con los manatíes de las costas en Florida. Después de un seguimiento de 15 años (1982-1997) se observó que, en todos los años en los que la zona fue impactada por huracanes, la probabilidad de supervivencia de los manatíes disminuyó significativamente hasta un 20 % por debajo de la media normal (Langtimm & Beck 2003).

En cuanto a los mamíferos pequeños (< 2kg) el mayor efecto fue en la abundancia seguido por los patrones de movimiento. En la población de murciélagos después del huracán Ofa en las Islas Samoa, se registró una mayor mortalidad general en los juveniles y en las especies frugívoras, también se observó que los murciélagos frugívoros ajustaron su dieta para alimentarse, no de frutos que eran escasos, sino de brácteas carnosas de ciertas lianas que se regeneraron rápidamente (Pierson et al. 1996). En otro ejemplo, después de la llegada del huracán Opal al Refugio Nacional de Vida Silvestre Bon Secour Alabama, la población de ratones (*Peromyscus polionotus*) no sufrió cambios inmediatos en el número de individuos sino hasta 7-10 meses después de pasados los huracanes, llegado este tiempo la población disminuyó hasta un 30 % en su tamaño poblacional (Swilling et al. 1998). Además de este cambio en tamaño poblacional se observó un cambio en el uso de los hábitats, los roedores después de los huracanes aumentaron la frecuencia de visitas a zonas de transiciones arbustivas, cambio que fue temporal hasta que el bosque recuperó su estado pre-huracán (Swilling et al. 1998).

En el caso de los mamíferos medianos (2-10 kg), en el que se incluyen a los prociénidos, no se tienen registros detallados. Después del huracán Andrew, durante la investigación sobre los efectos de los huracanes en los venados cola blanca en Florida, se observaron varios mapaches muertos bajo árboles caídos del Área Protegida Everglade (R.

Labisky comunicación personal). En las costas de Louisiana después del huracán Andrey se observó una disminución significativa en las poblaciones de nutrias, ratas almizcleras, mapaches, conejos y venados, sin embargo, no existen registros numéricos sobre estos cambios (Michener et al. 1997).

En todos los casos, la respuesta de las especies a los huracanes depende de las características biológicas de la especie, y del tipo de alteración ambiental que ocasionan los huracanes. Por ello, disponer de la información base sobre la biología de *P. pygmaeus*, ayudaría a entender cómo la especie respondería a los huracanes de alta intensidad.

Procyon lotor y Procyon pygmaeus

Debido a la escasa información de *P. pygmaeus* recopilamos información sobre su congénere más estudiado *P. lotor* y así complementamos la reseña de la especie.

La principal diferencia de *P. pygmaeus* con *P. lotor* es el tamaño, el mapache pigmeo de Cozumel es un 9-21 % mas pequeño que el mapache de continente (*P. lotor shufeldti*), el cráneo además de pequeño es estrecho y aplanado (Goldman 1950, McFadden 2004).

Los mapaches de continente han sido registrados en una amplia gama de hábitat, sin embargo, su presencia está relacionada en mayor medida con ambientes asociados al agua: zonas inundables, manglares, pantanos, ciénagas, lagos, orillas de los ríos y costas del mar (Goldman 1950, Lotze & Anderson 1979). En estos ambientes los mapaches pasan el mayor tiempo de su etapa de crecimiento (Stevens et al. 1995). Además del agua otro factor importante en la determinación de la abundancia de los mapaches es la presencia humana. Se ha registrado, en zonas templadas, un aumento de la abundancia en zonas cercanas a asentamientos humanos, donde la presencia humana altera la disponibilidad y distribución de recursos ofreciendo estabilidad y concentración de recursos que los mapaches pueden utilizar

(Prange et al. 2004). En condiciones silvestres (lejos de los centros urbanos), durante la época de invierno, los mapaches disminuyen su área de acción, sin embargo, esta disminución es menor en las zonas urbanas (Prange et al. 2004). Estudios previos en Cozumel indican que el mapache pigmeo puede encontrarse en mayor frecuencia en las zonas de manglar (Navarro & Suarez 1989, McFadden 2004) y que además los mapaches machos, encontrados en una zona con actividades humanas (Campo de Golf), presentan un mayor peso que los de manglar (McFadden 2004).

La abundancia de los mapaches es constante a lo largo del año presentando dos picos importantes. En las islas St. Catherines (Georgia) los incrementos en la abundancia fueron registrado en los meses de enero-febrero (época seca) y junio-julio (época de lluvias, Sharp & Sharp 1956). El primer pico corresponde a la época de dispersión de juveniles y el segundo a la época en que las crías se desarrollan. En Cozumel se registró un solo pico de mayor abundancia la cual corresponde a febrero y marzo (época seca, McFadden 2004).

En cuanto a la época de reproducción, para *P. lotor*, se ha registrado en Florida que ésta se extiende de febrero a julio (MacKeever 1958). En Cozumel se registró que los nacimientos ocurren en dos temporadas, de noviembre a enero y de marzo a abril (Navarro & Suarez 1991, McFadden 2004, García-Vasco 2005), así, la época de dispersión de juveniles, suponiendo un mismo periodo de gestación y dependencia de la madre que *P. lotor*, ocurriría de agosto a enero (Valenzuela 2005a).

La condición corporal de los mapaches de continente, en relación al tamaño, difiere según la latitud. En latitudes con climas más extremos los mapaches, durante el verano, deben almacenar grandes cantidades de grasa ya que en invierno, por la escasez de recursos alimenticios y las bajas temperaturas, pueden llegar a perder hasta el 50% de su peso (Lotze & Anderson 1979). En regiones más tropicales, aunque los mapaches no están sujetos a estas

mismas condiciones estacionales también almacenan reservas debido a los cambios en disponibilidad de recursos (Harman & Stain 1979). En la isla Key Vaca en Florida se documentó que el peso de los mapaches varía estacionalmente en 14 a 17 % (Mugaas & Seindensticker 1993). Gehrt y Fritzell (1999) sostienen que el cambio de peso ocurrido estacionalmente en el mapache de continente puede ser una respuesta a los cambios en la temperatura del ambiente, así, en zonas tropicales donde la temperatura no varía drásticamente el cambio de peso debido a la estacionalidad será menor.

Respecto a la dieta de los mapaches pigmeos y de continente, se ha evidenciado que los cangrejos son su recurso principal (>50%, Harman & Stains 1979, Lotze & Anderson 1979, McFadden 2004, Valenzuela 2005b). El segundo recurso en importancia son los frutos, 10-30% de ocurrencia en la dieta de los mapaches de Cozumel y entre 6-40% en volumen en los mapaches de continente (Harman & Stain 1979, McFadden 2004). La época con mayor cantidad de cangrejos juveniles, agosto y diciembre, coincide con la época en que las crías de mapache empiezan a desarrollarse y la época de mayor producción de frutos, enero y marzo, coincide con los meses de dispersión de juveniles. Adicionalmente se ha registrado, que la dieta de los mapaches no sigue el patrón normal de los cangrejos como recurso principal cuando existe escasez de recursos ya que comen todo lo disponible en el ambiente (Harman & Stain. 1979, Lotze & Anderson 1979).

Huracanes en Cozumel y perturbaciones después de Emily y Wilma

Los registros históricos, antes de Emily y Wilma, señalan que desde 1851 al 2005 solo dos huracanes de magnitud similar pasaron sobre o en los alrededores de Cozumel, Gilberto y Charlie. También, esta registrado que huracanes de menor categoría (1,2 y3), depresiones y

tormentas tropicales fueron frecuentes en las cercanías de Cozumel, 35 km a la redonda (Figura 3.1).

Después de los huracanes del 2005 las áreas de manglar presentaron una prolongada inundación a diferencia de la Selva Mediana donde si hubo una fuerte inundación pero la misma disminuyó rápidamente (Figura 3.2). Estudios que evalúan los efectos de los huracanes en los manglares indican que las intensas precipitaciones, las marejadas y los fuertes vientos ocasionan mayor mortalidad de las especies de mangle (Kovacs et al. 2001, 2004). Así, las zonas de manglar resultan más vulnerables a los huracanes que otros tipos de vegetación.

Además de los cambios en la disponibilidad espacial a causa de las inundaciones, se originaron cambios en la carga de recursos alimenticios y en la disponibilidad de los mismos. Un de los recursos principales para los mapaches de manglar, los cangrejos, probablemente sufrieron disminuciones importantes en su tamaño poblacional, tal como se ha registrado en los cangrejos *Callinectes sapidus* (Eggleston & Johnson 2004, Wilcox 2004, Mallin & Corbett 2006). También se ha evidenciado que los cangrejos se reubican en zonas más altas para luego aprovechar los desechos vegetales en los humedales, condición que ayuda también al desarrollo de sus larvas (Mounton & Felder 1996, Wenner & DeLancey 2004), lo cual podría influir en el movimiento de los mapaches.

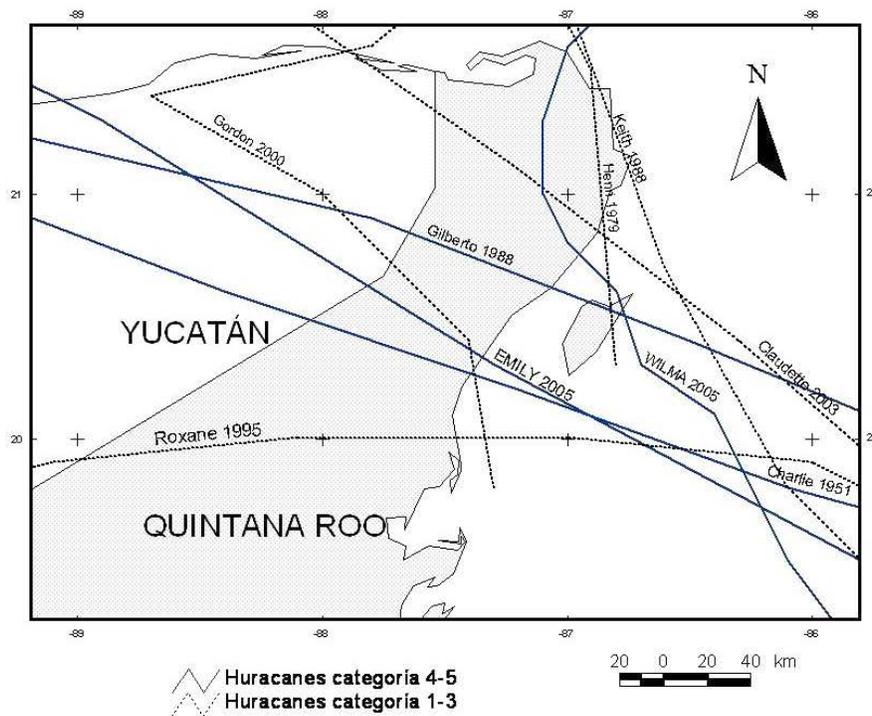


Figura 2.1: Ruta de los huracanes que pasaron sobre la Isla Cozumel o a una distancia máxima de 30 km (1851-2005 <http://maps.csc.noaa.gov/hurricanes>). La trayectoria indica la ruta de ojo del huracán

Otro recurso importante afectado por los huracanes son los frutos. En años sin huracán la fructificación ocurre entre enero y marzo, pero considerando la defoliación y el daño masivo que muchos árboles sufrieron, es probable que muchas plantas destinen reservas energéticas a generar nuevo follaje y por tanto la producción de fruta tras los huracanes fuera considerablemente menor (Figura 2.3). Al mismo tiempo, la mayoría de los árboles perdieron con el follaje gran parte de sus ramas, muchos quedaron con los troncos quebrados, por lo cual, la fructificación quedaría limitada a algunas especies menores.



Figura 2.2. Nivel de inundación en la zona media de la Isla Cozumel, Selva Mediana. Eje 2 en CAPA Norte (Foto tomada por C. González el 21 de noviembre del 2005).



a.



b.

Figura 2.3. Área de muestreo el Manglar después de los huracanes Emily y Wilma.
 a. Vista del manglar a 15 m del puerto a Isla Pasión, se observan remanentes de la inundación provocada por el Huracán Wilma (foto tomada el 21 de febrero del 2006). b. A 300 m del puerto a isla Pasión después de siete meses del huracán Wilma, un estrato inferior de nuevos individuos y algunos adultos con retoños (foto tomada el 13 de mayo 2006).

Entonces, para los mapaches cuyos recursos principales son los cangrejos y frutos, el escenario post-huracán puede llegar a ser un período crítico, lo cual podría traducirse en una pérdida de peso y en consecuencia mayor probabilidad de mortalidad, sobretodo en las crías y juveniles, además de un deterioro notable en la condición corporal de los adultos, que también podría reflejarse en una menor proporción de individuos reproductivos tras los huracanes.

Emily y Wilma llegaron escasamente a dos y cinco meses de la época de reproducción (mayo), la camada de ese año se encontraba en la etapa de transición de dependencia de la madre hacia la independiente en busca de alimento (Sharp & Sharp 1956). Sin embargo, los fuertes vientos y la inundación probablemente eliminaron a algunos individuos débiles como pudieron ser los juveniles.

2.3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

1.- Efectos sobre la abundancia y supervivencia: Debido a que las zonas de manglar son más vulnerables a los impactos de un huracán (Kovacs et al. 2001, 2004), pensaría que la población de mapaches en esta zona resulta más afectada que los mapaches en transición o selva mediana. Entonces, la abundancia sí sería afectada y disminuiría significativamente a corto plazo en Manglar y que al contrario aumentaría en las zonas de Transición y Selva Mediana, donde potencialmente y a pesar de la gran afectación de la vegetación arbórea, algunos mapaches pudieran haberse refugiado.

Respecto a la tasa de supervivencia, debido a que el tiempo de observación fue pequeño (6 meses) y en la etapa de recuperación del bosque, la población de mapaches estuvo sujeta a un estrés prolongado por falta de recursos. Entonces, la tasa de supervivencia sí experimentaría efectos por los huracanes, una disminución hacia el último mes de muestreo y también una

diferencia significativa entre hábitat, siendo menor en la zona de manglar donde los efectos del huracán fueron mayores.

2.- *Efectos sobre la condición corporal de los individuos - peso.*- Por la disminución de los recursos alimenticios a causa de los huracanes, cangrejos y frutos (Eggleston & Johnson 2004, Wilcox 2004, Mallin & Corbett 2006), la condición corporal si se verá afectada. Esperaría que después de los huracanes la condición corporal sea significativamente menor a la media antes de los huracanes, y también que éste descenso sea más intenso para los individuos de la zona de Manglar que Transición y Selva Mediana. También, esperararía que la condición corporal de los individuos fuese disminuyendo con el tiempo de manera constante en los muestreos.

3.- *Efectos sobre la tasa de crecimiento poblacional: proporción de juveniles y de hembras reproductivas.* Por su estado juvenil ésta parte de la población debió resultar más afectada que los adultos, y por lo tanto esperararía que la proporción de juveniles sea menor después de los huracanes. Debido a que la proporción de hembras reproductivas esta positivamente relacionada a la distribución y abundancia de alimentos (Russell 1982), esperararía que la proporción de hembras reproductivas disminuyese significativamente después de los huracanes.

2.4. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar qué efecto tuvieron los huracanes Emily y Wilma sobre las características poblacionales de *Procyon pygmaeus* en el nor-este de la Isla Cozumel.

Objetivos particulares

- Determinar el tamaño poblacional, la densidad, éxito de captura y tasa de supervivencia de *Procyon pygmaeus* en una zona de Manglar, de Transición y de Selva Mediana después del paso de los huracanes Emily y Wilma sobre Cozumel.
- Determinar la condición corporal de *Procyon pygmaeus* en las tres zonas de muestreo así como la tasa de crecimiento poblacional a través de la estructura de edades y proporción de hembras reproductivas tras el paso de los huracanes Emily y Wilma.
- Comparar la información anterior con los datos previamente generados por McFadden (2004) y García-Vasco (2005) para dichas características poblacionales.
- Explorar cómo varían estas características poblacionales entre zonas de muestreo y temporadas después de los huracanes.

2.5. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La isla Cozumel (Quintana Roo, México) tiene una superficie aproximada de 477 km² y se encuentra a 17 km de la península de Yucatán. Los principales tipos de vegetación registrados en la isla son: selva mediana subcaducifolia en la zona central de isla, selva baja subcaducifolia distribuida alrededor de la selva mediana y manglar en la periferia. Las zonas de manglar más extensas se encuentran en los extremos norte y sur de la isla. La selva mediana cubre 310 km², la selva baja 27 km² y el manglar 61 km² (Romero 2004, Figura 2.4). En la costa noroeste se encuentra la ciudad de San Miguel que se prolonga hacia el suroeste en una

franja de hoteles a lo largo de la costa. La temperatura media es de 27.4° C y la precipitación anual es de 1,041 mm concentrándose de junio a noviembre, época en que se presentan los huracanes y tormentas tropicales.

Temporada de huracanes 2005: Emily y Wilma

La temporada de huracanes en el Atlántico de 2005 duró oficialmente del 1 de junio hasta el 30 de noviembre. Se registraron 26 tormentas tropicales, 14 huracanes de los cuales 3 estaban dentro de la categoría 5 en la escala Saffir-Simpson.

La Isla Cozumel se vio particularmente afectada porque dos de los huracanes categoría 5 impactaron la isla, Emily y Wilma (ambos llegaron como cat. 4 a la isla). El huracán Emily llegó a la isla el 17 de julio a las 5:09 am, la velocidad de los vientos fue de 240 km/ hora y se movía a 28 km/ hora. El centro del huracán Wilma entró en la isla a las 9:45 pm del 20 de octubre con vientos a una velocidad de 325 km/hora y se movía hacia el norte a una velocidad de 6 km/hora, el diámetro del ojo fue de 88 km hasta 104.5 km en algunas zonas (<http://www.nhc.noaa.gov/archive/2005/>). Wilma generó, entre el 20 y 23 de octubre, precipitaciones que se acumularon hasta los 1800 mm (Turk et al. 2007).

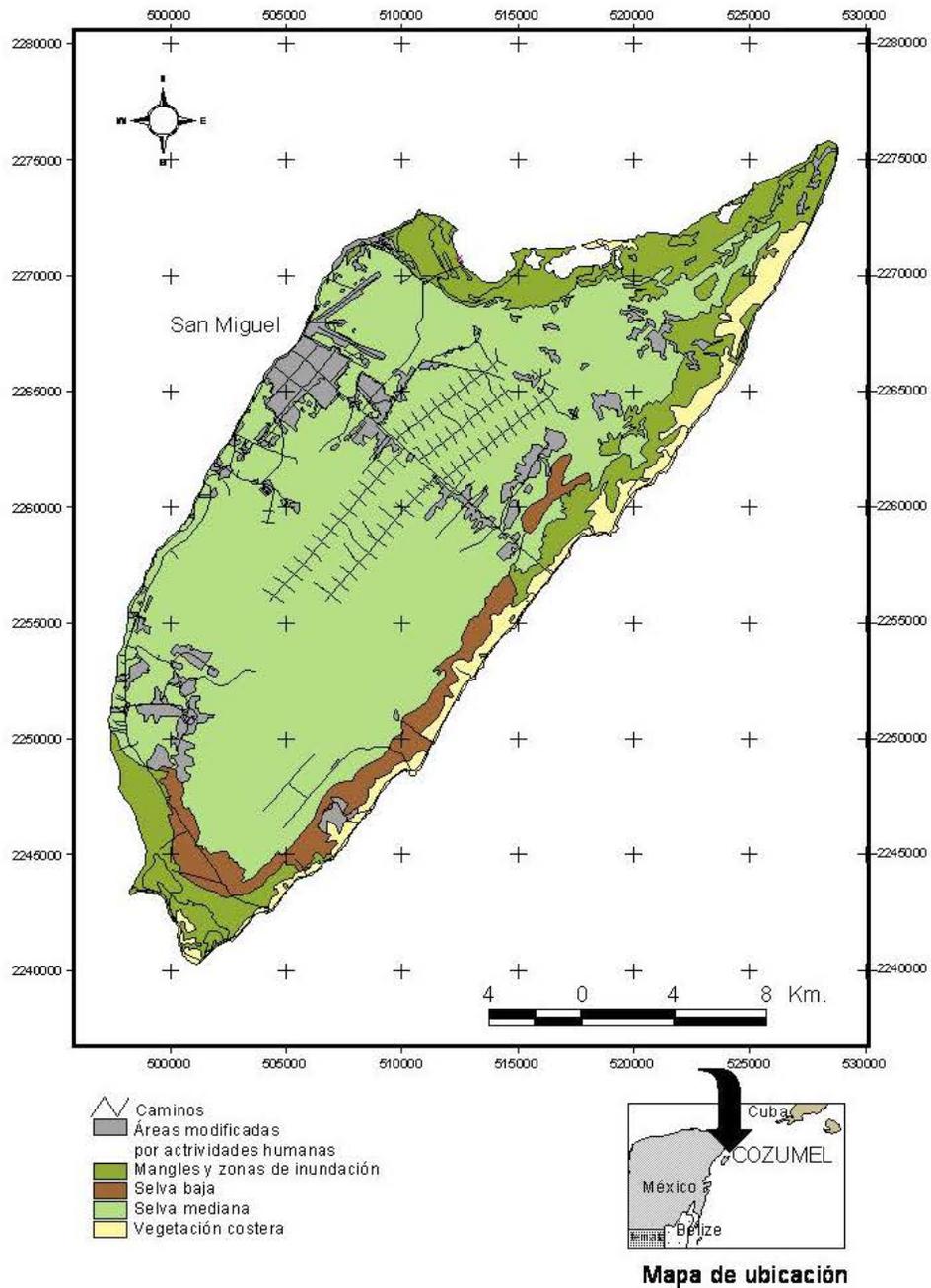


Figura 2.4: Mapa de ubicación y tipos de vegetación en la Isla Cozumel (Modificado de Romero 2004).

Sitios de muestreo y captura de datos poblacionales después de los huracanes

Para evaluar el efecto de los huracanes sobre las características poblacionales (abundancia, condición corporal, estructura de edades, tasa reproductiva y uso de hábitat) del mapache pigmeo lo que hice fue: a) recopilar y reanalizar la información disponible generada antes de los huracanes y b) generar los datos post-huracán.

Con base en la información de los trabajos previos sobre *P. pygmaeus*, decidí trabajar en los siguientes tres sitios, para los cuales se tiene información poblacional de este carnívoro antes del 2005: a) Sitio Selva Mediana: zona de extracción de agua por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) ubicada en selva mediana en la zona central de la isla; b) Sitio Transición: área con vegetación natural del campo de golf del Cozumel Country Club, ubicada en una zona de transición entre selva mediana y manglar, en la porción noreste de la isla, en la periferia del poblado de San Miguel; y c) Sitio Manglar: área inundable, dominada por vegetación de manglar y especies arbustivas tolerantes a inundaciones, aledaña al puerto de partida hacia Isla Pasión, en el extremo noreste de la isla (Figura 2.5).

En cada sitio de muestreo se llevaron a cabo tres sesiones de trampeo: sesión 1= febrero-marzo, sesión 2 = abril-mayo y sesión 3= julio-agosto. Entre una sesión y otra en un mismo sitio pasaron aproximadamente dos meses. Una sesión de trampeo es un muestreo intensivo en 7-8 días consecutivos de revisión con 40 trampas en Manglar, 60 en Transición y 59 en Selva Mediana. Cada día las trampas fueron revisadas y recabada con plátano empezando a las 6:00 am. Se procuró que la distancia entre trampas fuera de 50 m, la ubicación espacial de las trampas varió entre sitios debido a los problemas logísticos inherentes a cada sitio (Figura 2.5). El esfuerzo total de muestreo por día fue 40 a 60 trampas/día en cada uno de los sitios.

Este mismo diseño experimental fue utilizado por McFadden (2004) y García-Vasco (2005) con las siguientes variantes: las sesiones pre-huracán comprendían entre 15-25 trampas

al mismo tiempo lo cual abarcaba una superficie menor, sin embargo, la suma de todos sus muestreos llegaron a cubrir la misma superficie que las 60 ó 40 trampas colocadas después de los huracanes. En el caso de García-Vasco (2005) algunas sesiones alcanzaron hasta 14 días lo cual no influyó ya que la acumulación de capturas llegó a una asíntota al igual que en el caso de las capturas post-huracán. Todas estas diferencias fueron consideradas y ponderadas para las comparaciones.

Cada día se registró el número de trampas activas y el número de trampas con capturas. Cada individuos capturado fue registrado de la siguiente forma: Datos generales; especie, sitio de muestreo, fecha, número de trampa y captura o recaptura; y Datos específicos; peso, sexo, edad, desgaste dental, estado reproductivo y medidas morfométricas. Para registrar los datos específicos y marcar a cada individuo, los animales fueron sedados con una mezcla de Ketamina (dosis 10 mg/ kg) y Xylacina (2 mg/kg). Cada individuo fue marcado con un arete de metal numerado en la oreja derecha. Las medidas morfométricas (en mm) que se registraron fueron: Largo total (LT), largo de la cola (LC), largo y ancho de la oreja izquierda (LO, AO), cintura axilar (CA), cintura pélvica (CP), perímetro del cuello (C), altura del hombro (AH), altura de la pierna (APi), largo y ancho pata trasera izquierda (LP, AP), largo y ancho del colmillo superior izquierdo (L-CS, A-CS), largo y ancho colmillo inferior izquierdo (L-CI, A-CI), largo y ancho de la cabeza (LCa, ACa). La descripción de las categorías para los datos específicos se encuentra en el anexo 2.

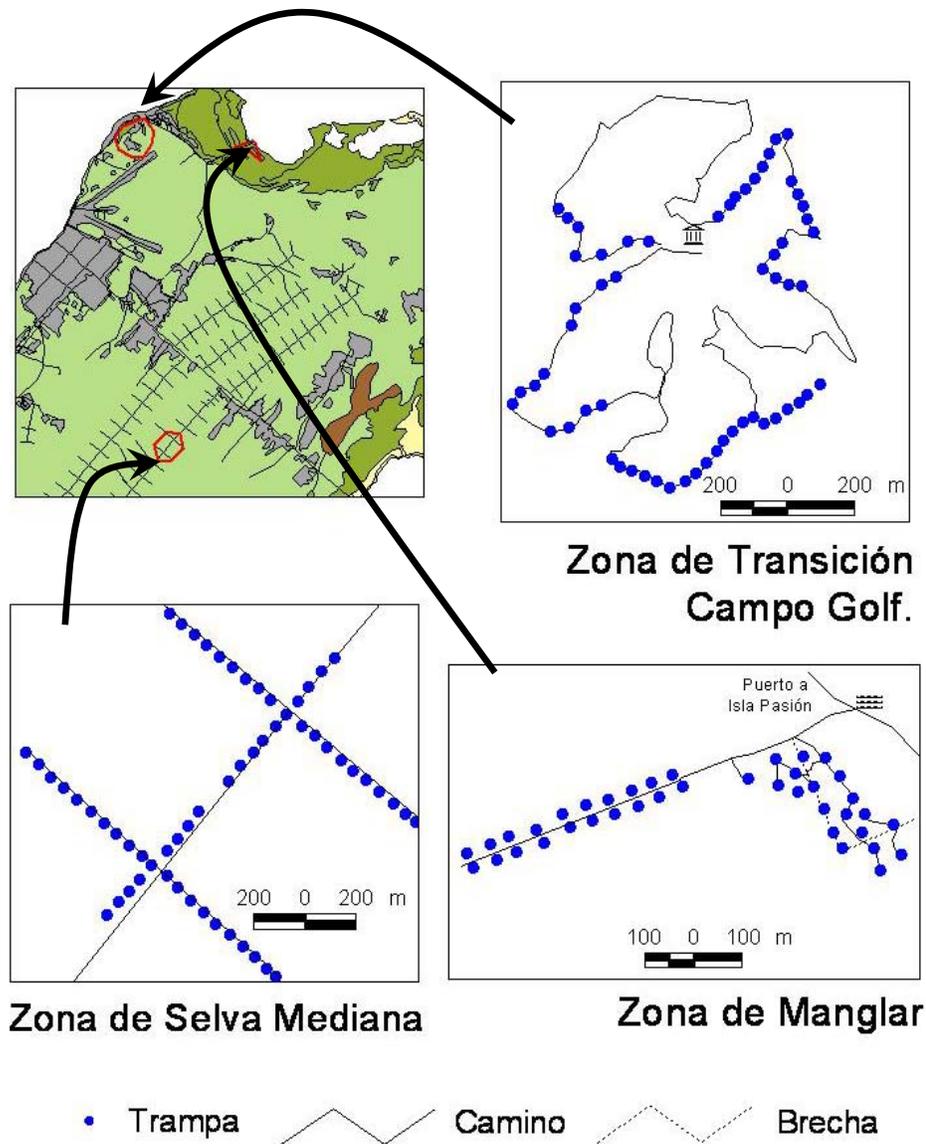


Figura 2.5: Áreas de muestreo, número y disposición de las trampas (Tomawak o Havahart) ubicadas en la zona nor-este de la Isla Cozumel.

Análisis de datos

Cálculo de los parámetros poblacionales

Para determinar el *tamaño poblacional* utilicé el Diseño Robusto de Pollock incluido en el programa Mark 4.3 (Cooch & White 2006). Este diseño combina la información de varios muestreos, considerando cada sesión como una población cerrada y al conjunto de sesiones

como una población abierta (Cormack-Jolly-Seber; Cooch & White 2006). Este diseño genera los siguientes estimadores: tamaño poblacional por sesión (**N-hat**) y su intervalo de confianza asimétrico, tasa de supervivencia de una sesión a otra (**S₁**, **S₂**) considerando valores de emigración e inmigración, probabilidad de captura (**P_c**) y probabilidad de recaptura (**c**). Para determinar cual de los modelos que construí en función de la constancia o dependencia del tiempo de los parámetros (probabilidad de captura-recaptura, supervivencia y migración), utilicé el Criterio de Información de Akaike (AIC) como parámetro de evaluación (Cooch & White 2006).

Para estimar la *densidad* use el programa Density 3.3 (Efford et al. 2004, Landcare Research LTD, 2005; <http://www.landcareresearch.co.nz/services/software/density/index.asp>), el cual genera una curva de probabilidad de detección a partir de los datos de captura-recaptura y de la ubicación geográfica de las trampas, con esta probabilidad obtiene un tamaño del área de actividad (home range) y con éste valor realiza ajustes y cientos de replicas para calcular la densidad (Efford et al. 2004). El cálculo requiere la estimación del área efectiva de trampeo que resulta de la suma de dos áreas, la superficie del polígono en el que se distribuyeron las trampas más la superficie del buffer, el ancho de la zona buffer es la mitad de la distancia máxima registrada entre recapturas (Otis et al. 1978). Este análisis tiene como supuestos, que la población es cerrada durante el evento de trampeo, que la captura no afecta los patrones de movimiento de los animales, que las marcas no se pierden, que se tiene la ubicación de las trampas y que estas se colocaron al azar respecto a las áreas de actividad de los animales, que las áreas de actividad de los animales no cambian durante la sesión de trampeo y que pueden considerarse *a grosso modo* como circulares y similares entre los animales.

Como uno de los supuestos indica, los datos deben provenir de una población cerrada, así para este análisis utilicé los datos de las sesiones que provienen de un muestreo de 7-8 días.

Para correr el programa utilicé el Modelo de Captura-Recaptura que mejor se ajustó a los datos en un análisis *a priori* de Density 3.3. El modelo es el resultado de siete pruebas que evalúan la probabilidad de captura y como se ve afectada por el tiempo o por el comportamiento o por el individuo. Seguimos el protocolo estándar sugerido por Otis et al. (1978). Los modelos evaluados y sus supuestos básicos se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Modelos y estimadores de la probabilidad de captura.

Modelo	Supuestos: La Probabilidad de captura...	Estimadores apropiado teóricamente
M_o	Es constante	Nulo
M_t	Varía solo con el tiempo	Darroch
M_b	Varía tras el primer día de captura por respuesta conductual	Zippin
M_h	Varía por la heterogeneidad individual	Jackknife
M_{tb}	Varía por el tiempo y el comportamiento	Sin estimador
M_{th}	Varía por el tiempo y la heterogeneidad	Sin estimador
M_{bh}	Varía por el tiempo y el comportamiento	Remoción Generalizada
M_{tbh}	Varia por las tres fuentes; tiempo, conducta y heterogeneidad	Sin estimador

Adicionalmente el programa obtiene, para cada estimado de densidad, intervalos de confianza asimétricos basados en transformaciones logarítmicas.

El *éxito de captura* lo calculé como un índice de abundancia relativa. Este corresponde al número de capturas realizadas en una misma sesión de trampeo dividido entre el esfuerzo total de captura. Expresado de manera estándar es: Número de capturas en 100 trampas-noche.

Para el análisis de *condición corporal* consideré que el peso, ajustado a una variable de tamaño (largo total), es un indicador del tejido metabolizable. Utilice únicamente las medidas

de los individuos adultos debido a que la acumulación de tejido metabolizable en los juveniles puede ser menor que en los adultos lo cual influiría en las comparaciones pre- y post-huracán.

Calculé la *tasa de crecimiento poblacional* como la proporción de juveniles capturados (con respecto al total de individuos) y la proporción de hembras reproductivas (con respecto al total de hembras adultas). Los individuos categorizados como subadultos y crías fueron sumados a la categoría juveniles y los mapaches viejos fueron sumados en la categoría adultos.

Análisis estadístico para la comparación de datos pre- y post-huracanes

Debido a que el área de muestreo para el cálculo del tamaño poblacional, fue diferente antes y después de los huracanes, la comparación de este parámetro no fue posible. Sin embargo, sí comparé la densidad, el éxito de captura, la proporción de juveniles:adultos y hembras reproductivas:hembras adultas, antes y después de los huracanes.

Para comparar los valores de densidad utilicé una prueba de bondad de ajuste para una sola muestra, chi-cuadrado, donde el registro pre-huracán figura como valor esperado y el dato post-huracán como valor observado. Para comparar el éxito de captura use una prueba de *t*. Ambas, con un nivel de alfa de 0.05.

Para comprobar si existe un efecto de los huracanes (antes y después) sobre la condición corporal utilicé un análisis de covarianza (García-Berthou 2001, Agoramoorthy & Hsu 2005). En este procedimiento el Peso es la variable dependiente, Huracán es el factor a evaluar, Tamaño (largo total) es la covariable para ajustar el peso y Sexo es el factor anidado al factor huracán.

Para comparar la proporción de juveniles, y de hembras reproductivas, antes y después de los huracanes, utilicé una prueba binomial. La proporción a contrastar que utilicé fue el

valor calculado antes de los huracanes, debido a que no encontré disponible el dato de hembras reproductivas en la zona de Manglar utilice el valor pre-huracán de Transición.

Análisis estadístico para las comparaciones post-huracán

Evalué si los valores resultantes de las sesiones en cada uno de los hábitats ($N\text{-hat}$, n° individuos/ km^2 , n° individuos/100 trampas-noche) diferían entre Manglar y Transición con un análisis de varianza de un factor (ANOVA).

Para determinar si existen diferencias entre el porcentaje de juveniles en Manglar y Transición utilice la prueba binomial, el mismo análisis utilicé para comparar el porcentaje de hembras reproductivas.

Para examinar los posibles cambios en la condición corporal de los mapaches después de los huracanes utilice un análisis de covarianza (ANCOVA). Los factores evaluados fueron, sexo, hábitat y sesión, la corrección del peso fue en base a la covariable tamaño (largo total). Los análisis se hicieron con alfa de 0.05. El programa que utilicé en todas las pruebas estadísticas fue SPSS para Windows versión 11.5.1.

2.6. RESULTADOS

Datos generales

Antes de los huracanes, entre 2001-2003, en las tres zonas de muestreo Manglar, Transición y Selva Mediana en conjunto, se reportó un total de 149 capturas (92 individuos) en un total acumulado de 4251 trampas-noche (McFadden, 2004; García-Vasco, 2005; Tabla 2.2).

Durante el 2006, después de los huracanes, registré un total de 157 capturas (105 individuos) en un total acumulado de 3547 trampas-noche, en las tres zonas de muestreo (Tabla 2.2).

Previo a los muestreos del 2006 en Selva Mediana, a pesar de un esfuerzo de captura acumulado comparable (1567 noches/trampa), *P. pygmaeus* no fue registrado en éste sitio mientras que después de los huracanes se registraron cuatro capturas. Por el bajo número de capturas en esta zona no fue posible estimar el tamaño poblacional, ni la densidad ni realizar las comparaciones de condición corporal.

Tabla 2.2. Número de individuos, total de capturas y esfuerzo de muestreo antes y después de los huracanes

Hábitat		2001-2003	2002-2003	2006
Transición	Nº trampas -noche	369	1,452	1,260
	Nº capturas	28	60	71
	Nº individuos	*	32	44
	Juveniles	7	9	**15
	Hembras reproductivas	-	6	3
Manglar	Nº trampas -noche	862	-	920
	Nº capturas	61	-	82
	Nº individuos	*	-	58
	Juveniles	34	-	**21
	Hembras reproductivas	-	-	9
Selva Mediana	Nº trampas -noche	207	1,360	1,357
	Nº capturas	0	0	4
	Nº individuos	0	0	3
	Juveniles	0	0	1
	Hembras reproductivas	0	0	0
Fuente		McFadden 2004	García-Vasco 2005	Este estudio

* El número de individuos no esta disponible, para mas detalles ver el documento McFadden 2005.

** Cuatro individuos del muestreo en la zona de transición y dos en Manglar no tienen el registro de la edad.

Tamaño poblacional de Procyon pygmaeus

El modelo elegido según el indicador de Akaike, para ambos hábitat, fue: Probabilidad de captura y recaptura constante dentro cada sesión, es decir existen 3 probabilidades de captura y de recaptura, la tasa de supervivencia no es constante entre sesiones (S_1 y S_2).

El tamaño poblacional de los datos post-huracán se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Estimadores obtenidos en el programa Mark para las capturas de *P. pygmaeus* después de los huracanes Emily y Wilma. N=tamaño poblacional, SE=Error estándar, IC=Intervalos de confianza asimétricos al 95%, P_c = probabilidad de captura.

		N	SE	IC	P_c
Transición*	<i>Post-huracán</i>				
	Febrero	38	2.953	35-50	0.302
	Abril	13	0.0002	13-13	0.650
	Julio	11	14.990	6-104	0.103
Manglar*	<i>Post-huracán</i>				
	Marzo	45	5.791	40-68	0.210
	Mayo	15	1.505	15-25	0.300
	Agosto	13	8.466	9-60	0.146

* Área efectiva de muestreo en la zona de transición 3.6 km² y en la zona de manglar 1.2 km².

La tasa de supervivencia de los mapaches en la zona de Manglar fue 0.68 de la primera a la segunda sesión, y de 0.23 de la segunda a la tercera sesión; en la zona de Transición la tasa de supervivencia fue 0.84 de la primera a la segunda sesión y 0.46 en la siguiente.

Comparaciones de datos Pre vs Post-huracán: densidad, éxito de captura, proporción de juveniles y proporción de hembras reproductivas.

Los resultados del análisis exploratorio sobre la capturabilidad (Anexo 1) indican que en la zona de Transición ni la conducta ni la heterogeneidad individual ni el tiempo influyeron en las capturas; así, el estimador sugerido es del Modelo nulo o Jackknife. En la zona de Manglar los resultados indican que la capturabilidad si fue afectada por la variable tiempo y también por la heterogeneidad individual, así, el estimador sugerido es el que corresponde a M_t Darroch ya que no existe un estimador para $M_{(th)}$.

Los datos y los resultados de las comparaciones se detallan en la Tabla 2.4. Debido a que se registraron pocas recapturas en la segunda y tercera sesión, en ambos hábitats, el

programa Density no permitió continuar el análisis para las sesiones 2 y 3. La densidad de la primera sesión, en Manglar y Transición, fue significativamente menor tras el paso de los huracanes ($X^2=25.4$; $gl=1$, $p=0.000$).

En la zona de Manglar la densidad obtenida por McFadden (2004) fue cerca de 40% mayor que la registrada después de los huracanes, sin embargo, considerando los intervalos de confianza obtenidos por el programa Density 3.3., intervalo que no proporciona McFadden (2004), el valor de densidad pre-huracán de mapaches en manglar 112 ind/km^2 cae dentro del intervalo de confianza post-huracán ($27-247 \text{ ind/km}^2$), lo que sugiere que la diferencia en densidad antes y después no es estadísticamente significativa. La comparación con la densidad pre-huracán de García-Vasco (2005), resultado obtenido en el mismo programa, indica que no existen diferencias entre densidad pre- y post-huracán.

En la zona de Transición la densidad pre-huracán fue cerca de ocho veces mayor que la registrada después de los huracanes. En este caso la densidad pre-huracán, 91 ind/km^2 , no cae dentro del intervalo post-huracán ($5-31 \text{ ind/km}^2$).

Las diferencias encontradas en la densidad no fueron reflejadas en la comparación de éxito de captura. En la zona de Manglar aunque el éxito de captura aumento después de los huracanes de 10 a 15 mapaches en 100 trampas-noche, la diferencia no fue significativa ($t=-1.19$, $p=0.36$, $gl=2$). Éste mismo patrón se encontró en la zona de Transición donde el éxito de captura aumentó de 6 a 7 mapaches sin ser diferentes estadísticamente ($t=-0.46$, $p=0.66$, $gl=2$, Tabla 2.4).

La proporción de juveniles antes de los huracanes, en Transición, fue cercana a un tercio del valor total de individuos capturados y en la zona de Manglar fue mayor al 50 %. Los resultados de la prueba indican que en la zona de Transición si se produjo un cambio significativo en el porcentaje de juveniles.

La proporción de hembras reproductivas no difirió antes y después de los huracanes en ninguno de los hábitats.

Tabla 2.4. Comparación pre- vs post-huracán de algunos parámetros poblacionales (abundancia, proporción de juveniles y proporción de hembras reproductivas) de *Procyon pygmaeus*.

Parámetro	Hábitat	Pre-huracán	Post-huracán	P	Datos pre-huracán de:
Densidad; N° ind/ km ² (intervalo de confianza)	Transición	91.00	12.38 (5-31)	*0.000	McFadden 2004
	Transición	15.27 (8-29)	12.38 (5-31)	0.416	Garcia-Vasco 2005
	Manglar	112.00	82.27 (27-247)	*0.004	McFadden 2004
Éxito de captura (N° capturas/ 100 trampas-noche)	Transición	6.00	7.30	0.663	McFadden 2004, García-Vasco 2005
	Manglar	9.99	15.63	0.356	McFadden 2004
Proporción de Juveniles	Transición	0.28	0.38	0.167	Garcia-Vasco 2005
	Transición	0.25	0.38	0.109	McFadden 2004
	Manglar	0.55	0.38	*0.006	McFadden 2004
Hembras reproductivas	Transición	0.17	0.16	0.591	Garcia-Vasco 2005
	Manglar	-	0.29	0.068	Garcia-Vasco 2005

* valores de significancia $p < 0.05$

Condición corporal antes y después de los huracanes

El análisis de covarianza nos indica que el tamaño fue un factor importante en la determinación del peso ($F_{(1,51)}=25.95$; $p=0.000$), esto quiere decir que el tamaño está linealmente correlacionado con el peso y que a su vez una segunda comparación (con el factor de interés) sería afectado significativamente. Para eliminar este error el ANCOVA ajustó cada peso al tamaño correspondiente obteniendo medias marginales con las cuales realizó las comparaciones. El resultado de este análisis nos indica que el peso corregido no difiere antes y

después de los huracanes ($F_{(1,51)}=1.46$, $p=0.23$) y que el peso corregido en el factor sexo, anidado a huracán, es significativamente diferente ($F_{(2,51)}=5.06$, $p=0.01$). En la zona de transición los machos adultos fueron entre el 15-20 % más pesados que las hembras adultas (Peso promedio pre y post-huracán, Machos: 3779.14 ± 574.27 g; Hembras: 3119.64 ± 386.42 g, Figura 2.6).

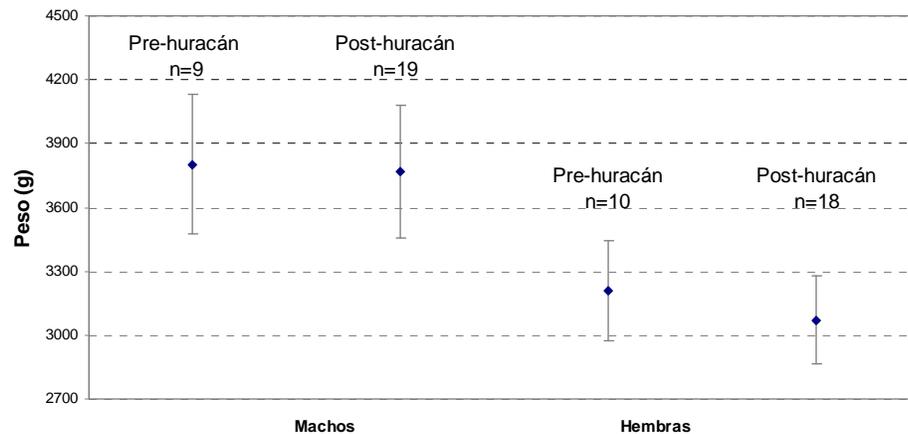


Figura 2.6: Peso promedio e intervalos de confianza (95 %) de los mapaches pigmeos (*P. pygmaeus*) antes y después de los huracanes (N=56).

Comparaciones Post-huracán

En las tres zonas de muestreo registré un total de 157 capturas (105 individuos) en un total de 3,547 trampas noche colocadas (Tabla 2.5). De éstas capturas sólo cuatro corresponden a la zona de Selva Mediana.

Tabla 2.5. Esfuerzo de Captura, número de individuos capturados y tasa de encuentro por sesión en cada uno de las zonas de muestreo durante 2006, tras el paso de los huracanes Emily y Wilma en el verano de 2005.

HÁBITAT	Sesión	N° Trampas	N° total capturas	N° Individuos	N° nuevos individuos	N° ind/ 100 trampas-noche
	2. Mayo	320	18	15	12	13.5
	3. Agosto	280	9	9	7	15.3
Transición MG-SM	1. Febrero	420	36	24	24	6.1
	2. Abril	420	17	13	10	5.2
	3. Julio	420	18	17	10	10.6
Selva Mediana	1. Marzo	472	1	1	1	0.2
	2. Mayo	472	1	1	1	0.5
	3. Julio	413	2	2	1	1.5

Los resultados de tamaño poblacional y densidad se encuentran descritos en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Tamaño poblacional, resultados del Modelo Robusto. Densidad para las primeras sesiones en las tres zonas de muestreo.

	Modelo Robusto (Prog. Mark)				Desnidad (Prog. Density 3.3)	
	Sesión	N	IC		Densidad ± SE (N° ind/ km ²)	Area Efectiva de muestreo (km ²)
			IC -	+		
Manglar	1	45	40	68	82.3 ± 50.1	1.2
	2	15	15	25	-	1.2
	3	13	9	60	-	1.2
Transición	1	37	35	50	12.4 ± 6.1	3.6
	2	13	13	13	-	3.6
	3	10	6	104	-	3.6
Selva Mediana	1	-	-	-	-	2.9
	2	-	-	-	-	2.9
	3	-	-	-	-	2.9

Los intervalos de confianza nos indican que en cada hábitat, el tamaño poblacional de los mapaches en la primera sesión fue significativamente mayor que en la segunda sesión. La tercera sesión por las pocas capturas y recapturas presenta intervalos de confianza muy amplios y poco precisos para ser comparados con los de las sesiones previas.

Densidad, éxito de captura, proporción de juveniles y proporción de hembras reproductivas.

La densidad de los mapaches en la zona de Manglar fue mayor que en la zona de Transición, en una razón de 6:1 ($X^2=25.4$; $gl=1$, $p=0.000$), sin embargo, los intervalos de confianza convergen marginalmente. El éxito de captura resultó mayor en la zona de Manglar que en la zona de Transición ($F_{(1,1)}= 15.158$, $p= 0.018$).

La proporción de juveniles no difirió entre zonas, siendo en ambas cercana al 40%, mientras que la proporción de hembras reproductivas fue mayor en la zona de Manglar que en la de Transición (0.29 vs 0.16; $p=0.049$).

Condición corporal entre hábitat y sesiones de muestreo

El peso promedio de machos y hembras para las zonas de Manglar y Transición se observan en la Figura 2.7. Los resultados del análisis de covarianza nos indican que el tamaño influye al momento de realizar las comparaciones ($F_{(1,73)}=24.65$, $p=0.000$).

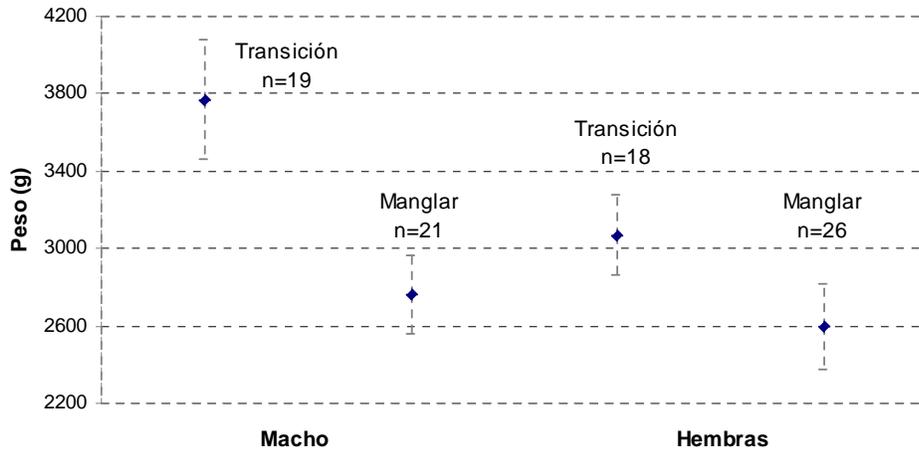


Figura 2.7: Peso promedio e intervalos de confianza (95 %) de los mapaches capturados en la zona de Manglar y en la zona de Transición después de los huracanes Emily y Wilma.

La condición corporal difirió entre sexos en función del hábitat ($F_{(1,73)}=7.59$, $p=0.007$, Figura 2.8), los machos en la zona de Transición son 30 % más pesados que los machos en la zona de Manglar (peso corregido); la condición corporal de las hembras no difiere entre hábitat.

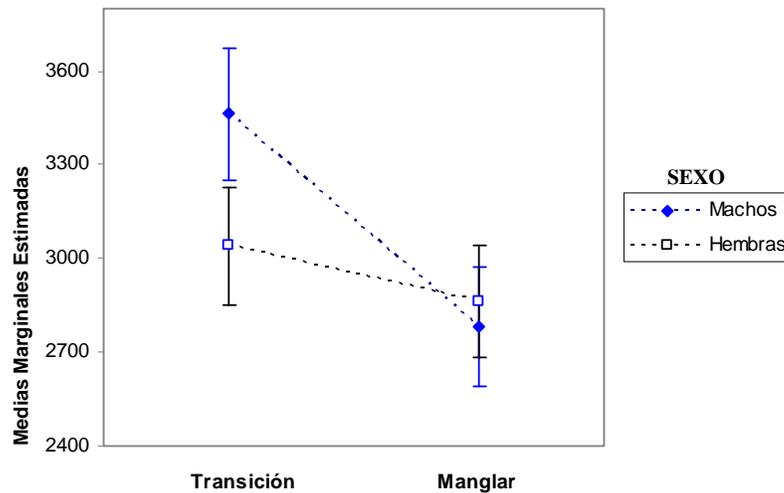


Figura 2.8: Media marginal del peso *P. pygmaeus* por Sexo y Hábitat en los muestreos Post-huracán

También la condición corporal de machos y hembras difirió en función de las sesión de muestreo ($F_{(2,73)}=3.42$, $p=0.038$, Figura 2.9): en abril-mayo se registró menor diferencia entre machos y hembras temporada en que el peso de los mapaches machos disminuyó hasta llegar por debajo de la media marginal de las hembras. Los machos llegaron a tener una condición corporal media 8 % por debajo de la de las hembras (peso corregido).

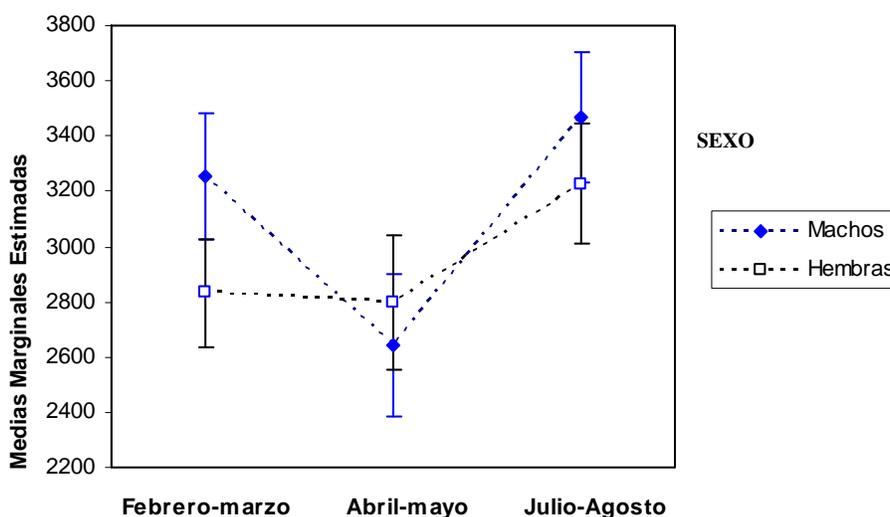


Figura 2.9: Media marginal del peso de *P. pygmaeus* por Sesión en los muestreos Post-huracán

Finalmente la variación entre sesiones en función al hábitat también fue significativa ($F_{(2, 73)}= 4.65$, $p=0.01$, Figura 2.10), las diferencias se deben principalmente a la primera y tercer sesión. La condición corporal de los mapaches durante la primera sesión fue 25 % más en la zona de transición que en Manglar, la diferencia se aminora en las segunda sesión y en la tercera sesión la media marginal del peso de los mapaches en la zona de Manglar aumenta, así

la condición corporal de los mapaches entre Transición y Manglar durante la tercera sesión difieren solo en un 5 %.

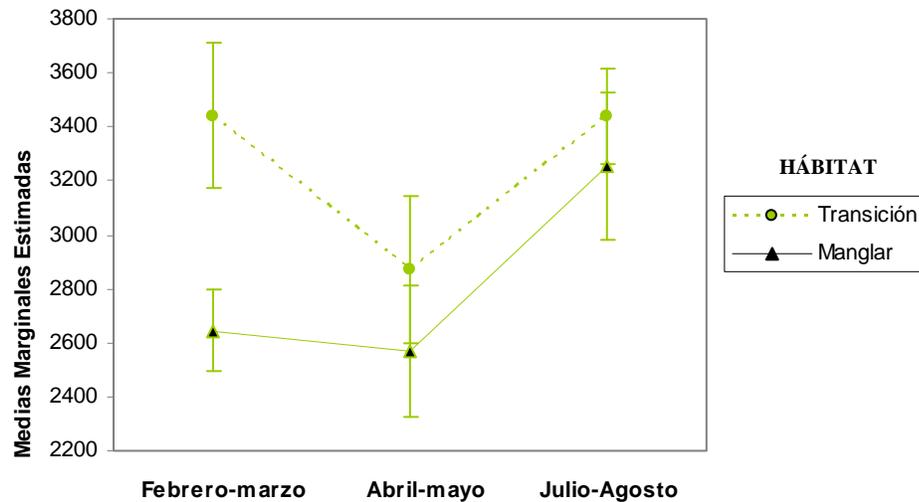


Figura 2.10: Media marginal del peso de *P. pygmaeus* por Hábitat y por Sesión en los muestreo Post-huracán

En la Figura 2.11 se observa que la condición corporal de los machos en la zona de Manglar, durante las tres sesiones de muestreo, se mantuvo por debajo de la condición corporal media registrada en la zona de Transición. Esta diferencia fue inicialmente de un 30% disminuyendo en la segunda sesión al 20 % y finalmente 15 % en la tercera sesión. En Figura 2.11 se observa que la condición corporal de las hembras en Transición y Manglar, durante la primera sesión, difirió cerca de un 20 %, en las segunda sesión la diferencia no es significativa y en la tercera sesión la condición corporal de las hembras en ambos hábitat aumenta sin ser significativa la diferencia.

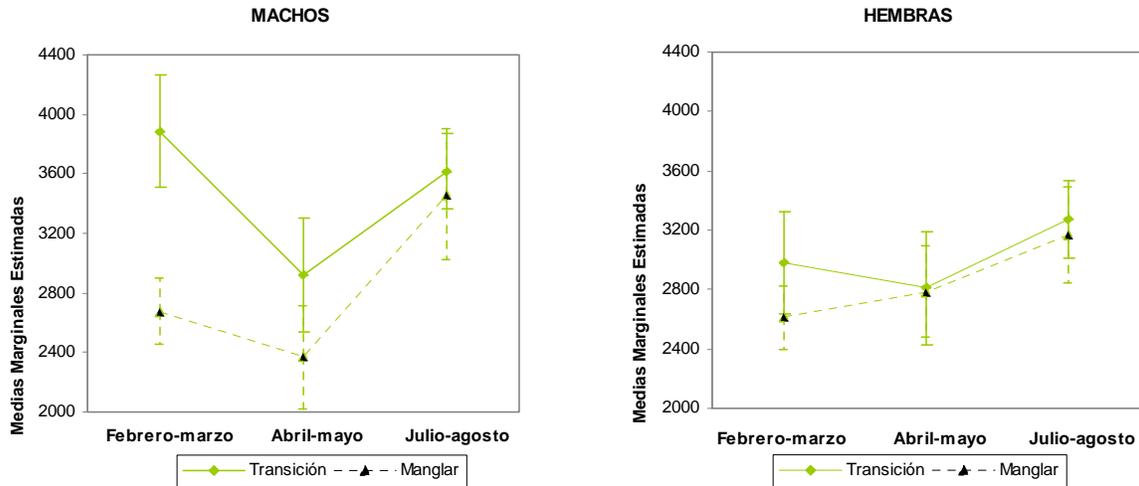


Figura 2.11: Media marginal del peso de *P. pygmaeus* para machos y hembras por Sesión y Hábitat.

2.7. DISCUSIÓN

Los resultados apoyan parcialmente las hipótesis biológicas que propone. La disminución de la abundancia en términos de densidad para la zona de Manglar, no es significativa considerando los intervalos de confianza de los datos post-huracán, lo cual sugiere que no hay diferencias entre la densidad de mapaches pre y post-huracán. Este mismo patrón se repite en la comparación en éxito de captura. En el caso de la zona Transición la diferencia de densidades, antes y después de los huracanes, es mayor y significativa, sin embargo, el resultado de éxito de captura indica lo contrario, no existen diferencias antes y después de los huracanes. Adicionalmente, la diferencia se hace evidente con los datos de McFadden (2004) y no con los datos de Garcia-Vasco (2005), calculado de la misma forma que la densidad post-huracán, resultado que indica la misma tendencia que el éxito de captura.

Una posible explicación a los diferentes en la zona de Transición puede ser la forma de calcular la densidad. El dato pre-huracán de McFadden (2004) proviene de una estimación

gruesa (*e.g.* la división del tamaño poblacional entre el área aproximada donde se colocaron las trampas), que puede generar datos menos precisos que al usar el método de simulaciones y predicción inversa incluido en el programa Density 3.3. En cambio, al comparar densidades calculadas de la misma forma las diferencias entre años no son notables.

Adicional, al cálculo de la densidad, el promedio de las Probabilidades de Captura encontradas después de los huracanes (P_c en Tabla 2.3) son mayores a los registrados antes de los huracanes por McFadden (2005), 0.02 y 0.05 para Transición y Manglar respectivamente. Esto indica que después de los huracanes, probablemente por la escasez de recursos, los mapaches cayeron con mayor frecuencia en las trampas. Este aumento en la probabilidad de capturas nos ayuda a valorar el resultado de éxito de captura. En ambas zonas el éxito de captura resulto sin diferencias pre vs post-huracán, sin embargo, este resultado puede ser parcial ya que, suponiendo el mismo tamaño poblacional antes y después de los huracanes, el éxito de captura debería aumentar a causa del aumento en la probabilidad de captura, lo cual no sucedió. Así, es razonable pensar que si se produjo una disminución en las poblaciones pero que no pudo ser comprobado por los cambios en densidad para la zona de Manglar.

Entonces, con toda esta información generada sobre la abundancia no puedo confirmar la hipótesis en que los huracanes produjeron una disminución en la población de mapaches. La densidad sí decreció pero no significativamente, el éxito de captura fue el mismo antes y después de los huracanes y la probabilidad de captura aumento. Es posible que el constante movimiento en busca de alimento, comportamiento documentado después de los huracanes para otras especies (Pierson et al. 1996, Swilling et al. 1998, López et al. 2003), cambiara la densidad local de los mapaches y al mismo tiempo la probabilidad de ser capturado. Este patrón en época de escasez también se ha registrado para *P. lotor*, el cual aumentan su área de

actividad y en con ello aumenta la distancia media de sus movimientos durante estos períodos (Prange et al. 2004).

Respecto a los parámetros de crecimiento poblacional, la proporción de juveniles disminuyó únicamente en la zona de Manglar, la pérdida de más juveniles en este ambiente puede estar relacionado con el mayor impacto en la zona de manglar, ambiente registrado como sensibles y lento en su recuperación (Kovacs et al. 2001, 2004), también a que los mapaches pasan el mayor tiempo de su desarrollo en ambientes asociados al agua, dependencia que los pudo hacer más susceptibles a las inundaciones y pérdidas de recursos en la zona de Manglar. La proporción de hembras reproductivas no cambió en ninguno de los hábitats, sin embargo, es probable que el efecto de los huracanes no se vea en la proporción de hembras reproductivas sino en la camada que tendrían esa temporada.

La hipótesis de cambio en la condición corporal pre- vs post-huracán no fue confirmada, al menos para la zona de Transición de la que sí contábamos con datos pre-huracán. Los resultados indican que los mapaches en la zona de Transición no cambiaron significativamente su condición corporal después de los huracanes. Las comparaciones post-huracán indican que sí es probable un efecto negativo de los huracanes en la zona de Manglar (más adelante).

El análisis de los datos post-huracán señalan que el tamaño poblacional, según los intervalos que el programa Mark obtiene, sí existe un cambio entre sesiones. En cuanto a la supervivencia con una tendencia similar se registró que ésta es mayor entre la primer y segunda sesión (68-84 %) disminuyendo considerablemente hacia la tercera sesión (23-46 %). Esta disminución progresiva y acentuada entre los 8-9 meses después de Wilma coincide con lo registrado en una población de roedores y murciélagos cuyos tamaños poblacionales son

reducidos después de transcurrido algunos meses y no inmediatamente después de los huracanes (Pierson et al. 1996, Swilling et al. 1998).

En cuanto a los hábitats, se registraron diferencias en el éxito de captura y en la densidad. La abundancia de mapaches en la zona de Manglar fue mayor que en Transición. Aunque, el intervalo de confianza para manglar es amplio y llega a sobrelaparse en el límite inferior con el de la zona de Transición. La proporción de juveniles no difirió entre zonas, sin embargo, retomando el resultado en la comparación pre- y pos-huracán, donde se señala que el porcentaje de juveniles disminuyó significativamente en la zona de manglar a causa de los huracanes, podemos deducir que la zona de Manglar presentó más juveniles en anteriores años y que el mayor porcentaje de hembras reproductivas en la zona de Manglar se deba precisamente a eso. Así, en condiciones normales la zona de Manglar presenta mayor tasa de crecimiento poblacional que en Transición, y entonces es probable que los huracanes afectaron la supervivencia de los juveniles en Manglar y que el porcentaje de hembras reproductivas no sufrió cambio para dar un reclutamiento de nuevos individuos igual a años anteriores.

La condición corporal de los mapaches en la zona de Manglar fue menor que en la zona de Transición. En un escenario sin huracanes la zona de Manglar, por la calidad de recursos presenta mayor abundancia de mapaches que una zona de transición probablemente por los recursos principalmente los cangrejos (McFadden 2004), sin embargo, se ha registrado que después un huracán la población de cangrejos disminuye significativamente (Eggleston & Johnson 2004, Wilcox 2004, Mallin & Corbett 2006). Entonces, la remoción de los recursos en la zona preferida puede causar un mayor cambio en la condición corporal de los mapaches de ésta área, así como sucedió con los mapaches después de Emily y Wilma y no en las zonas menos preferidas como Transición.

Registros de McFadden (2004) indican que antes de los huracanes el peso promedio de los machos difirió entre zonas, Transición y de Manglar, sin embargo, una medida precisa de la condición corporal requiere el ajuste del peso a una variable de tamaño. Pese a esto, la diferencia post-huracán del peso ajustado al tamaño en los machos es dos veces mayor que la diferencia registrada en peso promedio antes de los huracanes. Así, después de los huracanes el efecto fue acentuado y llegó a afectar tanto a machos como hembras.

Este resultado es apoyado parcialmente con las tasas de supervivencia, estimados para los datos post-huracán, que muestran una tasa menor en la zona de Manglar a diferencia de la zona de Transición, donde la condición corporal fue mayor igual que la tasa de supervivencia. Estos resultados son también interesantes considerando los registros de cambios estacionales en peso de *P. lotor* en la isla Key Vaca de Florida. Mugaas & Steinsticker (1993) observaron que, los cambios estacionales en la isla Key Vaca, provocan una diferencia en peso de 14 a 17 % (diferencia similar a la encontrada antes de los huracanes en peso promedio) pero muy por debajo a las diferencias encontradas en la zona de Manglar y Transición, la cual alcanzó el 30 % en machos, siendo los de Transición mapaches en mejor condición. Esto apoya la hipótesis de que los mapaches pigmeos de la zona de Manglar fueron mayormente afectados.

Las diferencias encontradas en la condición corporal respecto a las sesiones, en ambos tipos de hábitat, muestran una caída pronunciada entre el primer y el segundo muestreo, de marzo a abril, lo que coincide con la época de reproducción. Durante esta temporada el gasto energético es superior a otras principalmente en machos porque deben buscar y asegurar hembras receptivas, mientras que las hembras invierten más en las fases posteriores de la época reproductiva, con la gestación y la lactancia. Este patrón de la pérdida de condición en los machos fue observado en los mapaches pigmeos de Cozumel que, como mencionamos, disminuyeron su condición durante la temporada de reproducción.

En general, los mapaches de manglar sufrieron cambios no significativos en la abundancia y cambios significativos en la condición corporal, la proporción de juveniles si fue afectada y el porcentaje de hembras reproductivas no presentó cambios. En la zona de Transición es probable un cambio en densidad, sin embargo, esto depende de los datos pre-huracán que se utilicen, en el porcentaje de juveniles, hembras reproductivas y en la condición corporal no se registró ningún cambio.

Los cambios en la abundancia, y en los demás parámetros poblacionales medidos, están relacionados con la disponibilidad de recursos y características de la vegetación como refugio. La baja disponibilidad de recursos después de los huracanes pudo ser enfrentada con cierta flexibilidad conductual en la alimentación y en el uso de hábitat. La dieta de los mapaches después de los huracanes aunque mantuvo a los cangrejos como principal recurso en la zona de manglar cambió probablemente en frecuencia y biomasa igual que el material vegetal (Frutos y otros) importante antes de los huracanes (D. Martínez datos no publicados). En cuanto al uso de hábitat, los mapaches tanto de la zona de Transición como de la zona de Manglar empezaron a incursionar en la zona de Selva Mediana, donde antes de los huracanes no se lograron capturas. Este tipo de movimientos están dentro del rango de desplazamiento que han sido registrados para *P. lotor*, que puede llegar a moverse hasta un poco más de 100 km (Lotze & Anderson 1979), y el caso de *P. pygmaeus* que mínimo puede moverse 4 km (distancia registrada durante los muestreos de 2006, un mapache trasladado a una zona de manglar regreso al sitio original en Transición en tres días).

En el caso de la Selva Mediana, pudo suceder que los pocos mapaches que se encontraban en este ambiente, desde antes de los huracanes, empezaran a realizar movimientos extensos y frecuentes dentro del hábitat en busca de recursos, lo cual, los hubiera llevado a caer más fácilmente en las trampas que antes de los huracanes. Así, pese a los pocos registros

en Selva Mediana es comprensible que las capturas sean el resultado de un cambio ocurrido en el comportamiento de los mapaches a causa de los huracanes.

Los huracanes Emily y Wilma llegaron a Cozumel después de 16 años del huracán Gilberto en 1988 (categoría 5) y a 54 años del Huracán Charlie (categoría 4) en 1951. De esta forma la población de mapaches pigmeos enfrentó pocos huracanes de gran magnitud en la época contemporánea (2 huracanes en 144 años con una separación de 30 años entre ambos). Sin embargo, en este mismo lapso Cozumel, y la población de mapaches, fue golpeada por 14 huracanes categorías 1-3 y 17 Depresiones o Tormentas Tropicales, que sin duda afectaron la vegetación y los recursos alimenticios disponibles en la Isla, aunque de forma menos intensa que los huracanes de mayor magnitud. Por ello, las evidencias de algunas estrategias conductuales observadas en éste trabajo, como cambios no significativos en la abundancia ni en la proporción de hembras reproductivas, pueden ser el resultado de los ajustes que los mapaches adquirieron al estar bajo variaciones menores, depresiones, tormentas tropicales y huracanes de menor categoría. Mientras que los cambios ocurridos en la condición corporal para la zona de Manglar y porcentaje de juveniles pueden ser los efectos ocasionados debido a que la magnitud de los huracanes sobrepasó el límite de respuestas fisiológicas y conductuales normales (perturbaciones menores como los huracanes de menor categoría).

También, es probable que algunos de los efectos se hubieran hecho evidentes después del tiempo de muestreo o continúan en este proceso. Tal vez las probabilidades de supervivencia continuarán fluctuando en los próximos meses hasta llegar nuevamente a un patrón de variación similar al que se presentaba antes de los huracanes, lo cual no podremos saber sino hasta después de futuras evaluaciones.

Estudios sobre la frecuencia e intensidad promedio de los huracanes indican que éstos van en aumento como consecuencia del calentamiento global y otros factores (Goldenberg et

al. 2001, Webster et al. 2005; Chan 2006). Esto puede causar que, aún cuando los huracanes de gran magnitud, que parecieran no impactar de forma significativa las poblaciones silvestres, si pueden aumentar el riesgo de extinción a largo plazo de especies amenazadas como *P. pygmaeus*. Principalmente debido a que los intervalos cada vez más cortos no serían suficientes para la recuperación de la vegetación y de las poblaciones naturales. Los efectos serán mayores si a esto sumamos los efectos de las perturbaciones humanas. En el caso de Cozumel la introducción y establecimiento reciente (en los últimos 50 años) de poblaciones ferales de perros y gatos, que pueden competir con los mapaches, depredarlos o diseminar enfermedades que les afectan, como hepatitis, disentería canina, panleucopenia felina o toxoplasmosis, entre otras (Cuarón et al. 2004, McFadden et al. 2005, Bautista 2006), todo esto puede convertirse en un factor importante para que la poblaciones de mapaches pueda o no recuperarse tras el paso de un huracán.

Actualmente, el estado poblacional de *P. pygmaeus* es crítico (Cuarón et al. 2004) y por ello resulta importante evaluar cómo responden a huracanes de gran intensidad. Los resultados expuestos dan evidencia de que los mapaches de Transición, a 10 meses del paso de los huracanes aún pueden enfrentar las consecuencias de los huracanes a diferencia de los mapaches de Manglar, que presentaron cambios significativos en la condición corporal y en el porcentaje de juveniles. Esta capacidad en los mapaches de Transición puede ser mermada por la mayor frecuencia e intensidad de las perturbaciones naturales sumadas al impacto de las actividades antropogénicas y podría ser trágico para los mapaches de Manglar.

Considerando un promedio de las densidades (47.3 individuos/km²) y una superficie potencial de 10.3 km² de mangle rojo en la isla (mangle semejante al muestreado en este estudio) y 1.03 individuos/km² en Selva Mediana estimé una población total de mapaches pigmeos para la isla de 955 individuos.

Es importante dar seguimiento permanente a sus poblaciones y determinar, entre otras cosas, la capacidad de resiliencia de esta especie a perturbaciones naturales (respuestas a largo plazo), sus necesidades de espacio y la disponibilidad de los recursos alimenticios temporal y espacialmente. Y al mismo tiempo diseñar e implementar estrategias que mitiguen el impacto de las actividades antropogénicas sobre los mapaches y otorgarles una mayor protección efectiva y permitir que su probabilidad de sobrevivencia siga su curso natural.

2.8. CONCLUSIONES

- Durante el 2006, después de los huracanes, capturé un total de 105 individuos (157 capturas) en un total acumulado de 3547 trampas-noche, en las tres zonas de muestreo. El tamaño poblacional estimado para la zona de Manglar varió entre 13 y 45 individuos (con un valor mínimo de 9 y uno máximo de 68 en los intervalos de confianza asimétricos). En la zona de Transición varió entre 11 y 38 individuos (con un valor mínimo de 6 y uno máximo de 104 en los intervalos de confianza asimétricos).
- Durante 2006, los valores de densidad fueron entre 12.4 ± 6.1 ind/ km² en la zona de Transición y 82.3 ± 50.1 ind/ km² en la zona de Manglar. El éxito de captura fue entre 5.3 y 7.3 capturas / 100 trampas-noche, en transición y manglar respectivamente. El 38% de los individuos capturados fueron juveniles y entre el 16 y el 29% de las hembras adultas capturadas en todo el periodo de muestreo fueron reproductivas.
- El paso de los huracanes Emily y Wilma afectó la abundancia de *Procyon pygmaeus* aunque no de manera significativa. En la zona de Transición la densidad disminuyó tras el paso de los huracanes, llegando a ser 7 veces más pequeña mientras que en la

zona de manglar debido a la variabilidad es difícil determinar si la disminución, cerca de la mitad de lo previo a los huracanes, sea significativo.

- La probabilidad de captura (P_c) también difirió entre años, después de los huracanes se registró una mayor probabilidad de captura (0.219 en manglar y 0.351 en Transición) que antes de los huracanes (0.053 y 0.022 respectivamente). Debido a este cambio, las diferencias no significativas en el éxito de captura fueron afectadas. Así, es probable que después de los huracanes la abundancia de mapaches disminuyó pero por la probabilidad de captura mayor fueron registrados en el mismo número que antes de los huracanes.
- La tasa de crecimiento poblacional fue afectada parcialmente. La proporción de juveniles en la zona de Manglar disminuyó después del paso de los huracanes, de 55% paso a 38%. Mientras que el porcentaje de hembras reproductivas no difirió antes y después de los huracanes en ninguno de los hábitats.
- En la zona central de la isla donde domina la Selva Mediana se registraron mapaches por primera vez. Esto podría ser evidencia de que mapaches de zonas mas afectadas por los huracanes llegaron a esta zona y/o que los mapaches residentes aumentaron sus movimientos en busca de recursos.
- La condición corporal de los mapaches en la zona de Transición no difirió antes y después de los huracanes.
- La condición corporal de los mapaches durante el 2006 si difirió entre hábitat y entre sesiones. Los mapaches pigmeos de la zona de Transición tuvieron mejor condición corporal que los mapaches en Manglar, la variación fue diferente entre sexos. Los machos presentaron mejor condición corporal que las hembras en la zona de

Transición. De la primera a la segunda sesión se produjo una disminución significativa en la condición corporal de los machos en Transición y no en Manglar, posteriormente los mapaches machos de ambos hábitat mejoraron su condición hacia el tercer muestreo. Para las hembras la condición no difirió significativamente entre hábitats, fue baja en la primera sesión mejoró consecutivamente hacia el tercer muestreo.

- Después de los huracanes los mapaches que se encontraron en la zona de Manglar, fueron afectados en mayor medida que los mapaches encontrados en la zona de Transición. El cambio más evidente se observó en el peso. La diferencia natural entre machos y hembras se redujo y tras los huracanes no presentaron diferencias en esta variable.
- La probabilidad de supervivencia fue menor en la zona de Manglar que en la zona de Transición, en ambas zonas se produjo una disminución importante del segundo al tercer muestreo, en la zona de Manglar de 0.68 a 0.23 y en la zona de Transición, de 0.84 a 0.46.
- Cozumel se encuentra en una zona de alta frecuencia de tormentas, depresiones tropicales y huracanes de baja intensidad (que afectan los hábitats de la Isla) siendo los huracanes de mayor intensidad (categorías 4 y 5) menos frecuentes. En este ambiente los mapaches pigmeos presentan un ajuste en la proporción de hembras reproductivas, la cual no cambia después de los huracanes.

Anexo 1: Resultados de las pruebas de bondad de ajuste para las capturas en la primera sesión de los muestreos post-huracán, los modelos resultantes fueron utilizados para calcular los valores de densidad.

		Sesión 1		
		Chi-cuadrado	p	Modelo (Estimador)
Transición	Mo vs Mh	4.3	0.04	Mh o Mo (Jacknife)
	Mo vs Mb	1.7	0.19	
	Mo vs Mt	5.0	0.41	
	Bondad de ajuste Mh vs no Mh	4.6	0.47	
	Bondad de ajuste Mb vs no Mb	6.1	0.53	
	Bondad de ajuste Mt vs no Mt			
	Mh vs Mbh	5.9	0.31	
Manglar	Mo vs Mh	3.3	0.07	Mth (Chao)
	Mo vs Mb	2.8	0.09	
	Mo vs Mt	26.8	0.00	
	Bondad de ajuste Mh vs no Mh	18.8	0.01	
	Bondad de ajuste Mb vs no Mb	18.5	0.10	
	Bondad de ajuste Mt vs no Mt			
	Mh vs Mbh	22.1	0.01	

* Aquellas casillas sin datos se deben a los valores esperados para realizar la prueba de Chi-cuadrado son menores a 5 y por tanto el programa no pudo realizar la prueba en ese caso.

Anexo 2: Categorías de los datos específicos registrados para los mapaches.

Edad:

- Cría – sin desgaste dental y piezas todavía no emergentes, tamaño menor al 80% de un adulto.
- Juvenil – con la formula dental completa y sin desgaste.
- Subadulto - desgaste leve en la cúspide de las piezas, mamas rosadas y pequeñas en hembras y en los machos testículos no desarrollados y cubiertos de pelo.
- Adulto – formula dental completa, desgaste visible en todas las piezas, en hembras con mamas oscuras con evidencias de haber lactado en algún momento, en machos los testículos grandes y con poco pelo.
- Viejo – desgaste dental fuerte y con algunas piezas perdidas.

Estado reproductivo en las hembras:

- Gestante -se pueden palpar en el vientre fetos en desarrollo y glándulas mamarias desarrolladas
- Lactante -glándulas mamarias desarrolladas con evidencia del reciente amamantamiento, al presionar levemente se ven gotas de leche
- Inactiva -sin señales de lo anterior

Desgaste dental:

- 1.- Sin desgaste, dentición incompleta;
- 2.- Dentición completa sin desgaste
- 3.- Dentición completa con desgaste leve en las cúspides
- 4.- Desgaste visible
- 5.- Desgaste avanzado, algunas piezas faltantes).

**3. CAPITULO II: ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS
MAMÍFEROS MEDIANOS DE COZUMEL ANTES Y
DESPUÉS DE LOS HURACANES EMILY Y WILMA**

3.1. INTRODUCCION

Cuando una perturbación incide en una comunidad de vertebrados, los organismos pueden aminorar el impacto de ésta a través de respuestas fisiológicas y/o de conducta, reduciendo con ello los efectos negativos del cambio ambiental asociado a la perturbación. Por ejemplo, algunos individuos pueden desplazarse a zonas no perturbadas o también pueden cambiar su dieta temporalmente y usar recursos alimenticios alternativos en zonas donde los recursos preferidos han disminuido o han sido destruidos. En un escenario más extremo, en el que la perturbación provoca cambios, que se prolongan en el espacio y el tiempo, los organismos pueden llegar a los límites de su capacidad de respuesta fisiológica y/o de conducta, después de lo cual los efectos de una perturbación llegarían a interferir en su desarrollo y reproducción y finalmente en su supervivencia (Sousa 1984). Todas estas respuestas dependen principalmente de las capacidades atribuidas a la especie.

Las comunidades bióticas más susceptibles al impacto de grandes perturbaciones son aquellas que se encuentran en ambientes aislados (Whittaker 1998). Esto es debido a las pocas especies y al bajo número de individuos por especie que se encuentran en estos ambientes. Las islas que sufren una perturbación pueden verse afectadas en mayor medida que un ambiente similar, ubicado en el continente y son precisamente las islas, las que generalmente se encuentran sujetas a grandes perturbaciones como las erupciones volcánicas, huracanes, maremotos y otros. Las islas también son las áreas que contienen el más alto grado de endemismo. Así las islas son el ambiente en que convergen perturbaciones constantes y riqueza endémica.

Un tipo de perturbación natural importante en la zona del Caribe, donde se encuentran muchas de las grandes islas de América, es el disturbio ocasionado por los huracanes. Por su tamaño (el ojo de un huracán puede variar entre 10 y 370 km de diámetro) y su fuerza destructora (vientos superiores a los 209 km/ hora en los huracanes categoría 4-5 en la escala Saffir-Simpson), los huracanes pueden llegar a destruir la vegetación de varias islas en un solo día. Además, los huracanes se caracterizan por ser eventos recurrentes que afectan año con año a una misma región, aunque en diferentes puntos. En el mundo se han observado siete regiones donde los huracanes llegan con mayor frecuencia, dos de estas regiones conciernen al

territorio mexicano. La región del Pacífico y región que abarca parte del Atlántico y principalmente el Golfo de México y el Mar del Caribe.

En la región del Caribe se han realizado varias evaluaciones sobre los efectos de los huracanes en comunidades de vertebrados (Lynch 1991, Taner et al. 1991, Waide 1991, Pierson et al. 1996, Rathcke 2001). Un aspecto general que se concluye de estos estudios es que el efecto de los huracanes sobre los vertebrados está relacionado con el tipo de recursos que éstos últimos usan. Así por ejemplo, la pérdida de cobertura vegetal da como resultado una disminución importante en la producción de recursos utilizados por frugívoros y nectarívoros, ocasionando un decline en la abundancia de las especies que conforman estos gremios. Por el contrario, la descomposición de las hojas, ramas y otros materiales depositados en el suelo por los fuertes vientos, generan en esta misma área un ambiente adecuado para la recuperación y el desarrollo de insectos y otros invertebrados, de tal manera que los organismos insectívoros y omnívoros tienen la oportunidad de acelerar su recuperación hacia un estado cercano al de pre-huracán.

Dentro del Caribe mexicano se encuentran varias islas de las cuales la mayor es Cozumel (477 km²), que alberga en su interior un grupo heterogéneo de ocho especies de mamíferos medianos. Durante la época de lluvias del 2005 Cozumel sufrió el impacto de dos huracanes de gran magnitud, Emily y Wilma (ambos categoría 5 que llegaron a Cozumel como categoría 4), los cuales dejaron a su paso la vegetación defoliada e inundaciones en gran parte de la superficie de la isla. Estos eventos me dieron la oportunidad de medir la variación en la abundancia de las especies de mamíferos medianos de Cozumel, provocados por estas perturbaciones de gran magnitud y de evaluar si este cambio se relaciona con el tipo de recursos que utilizan. El trabajo comparé los datos facilitados por Sandra Bautista para antes de los huracanes con los datos obtenidos de la misma forma después de los huracanes.

3.2. ANTECEDENTES

Efecto de los huracanes sobre comunidades de vertebrados

En las poblaciones de mamíferos pequeños los huracanes producen un efecto mayor y directo en la abundancia seguido de cambios en dieta y en uso de hábitat (Pierson et al. 1996, Swilling

et al. 1998). Inversamente, en los mamíferos grandes los efectos principales son en dieta y en uso de hábitat mientras que el efecto en abundancia puede no producirse o puede llegar a cambiar después de varios meses dependiendo de otros factores (Langtimm & Beck 2003, López et al. 2003, Widmer et al. 2004).

Los cambios en dieta son consecuencia de:

1. Cambios en la cobertura vegetal que disminuye la carga de recursos vegetales como frutos y néctar.
2. Cambios en el ambiente que favorecen el desarrollo de insectos e invertebrados y rebrotes en los árboles defoliados concentrando algunos recursos.

Cambios en el uso de hábitat son consecuencia de:

1. Las inundaciones durante y después de los huracanes que disminuyen la superficie que pueden utilizar los mamíferos terrestres.
2. La ubicación de recursos, concentrados para los folívoros por los rebrotes, dispersos en menor medida para los insectívoros y dispersos en mayor medida (o inexistentes por un periodo) para los frugívoros.
3. La disponibilidad de áreas naturales conservadas, donde a pesar de la perturbación la tasa de recuperación de los recursos es más rápida y más frecuentada por los mamíferos después de los huracanes.

En esta sección mencionaremos ejemplos de los cambios que los huracanes provocan en las comunidades de vertebrados.

Respuesta a los cambios en la disponibilidad de los recursos alimenticios

En el Bosque Experimental de Luquillo al este de Puerto Rico, se observó que la abundancia de la comunidad de aves cambió después del paso del huracán Hugo (Wunderle 1995). Aunque en principio la abundancia fue registrada como mayor a los registros pre-huracán, se determinó que este aumento fue debido al movimiento de las aves de dosel hacia el sotobosque, lugar donde se realizaron los muestreos. Este registro de movimiento en busca de alimento y el análisis de las especies por gremios alimenticios muestran que las aves fueron afectadas por el cambio en la disponibilidad de recursos, los nectarívoros y frugívoros

declinaron en abundancia mientras que los omnívoros aumentaron en abundancia rápidamente después de la perturbación (Wunderle 1995). Este mismo patrón se registró para los murciélagos en las islas Samoa donde la abundancia de *Pteropus tonganus*, frugívoro y nectarívoro, declinó su abundancia en un 90 % después del huracán Val sin recuperar su estado pre-huracán aún dos años después (Pierson et al. 1996). Otro ejemplo en los murciélagos se registró en el Bosque Experimental de Luquillo donde la abundancia de *Artibeus jamaicensis*, que se alimenta de frutos, flores e insectos y que es dominante en la comunidad de murciélagos, disminuyó significativamente respecto a los demás murciélagos después del huracán Hugo Sin embargo, después de tres años recuperó parcialmente su abundancia y principalmente la dominancia, lo cual no ocurrió con otro de los murciélagos frugívoros de la misma zona, *Stenoderma rufum*, que después de tres años no recuperó su estado pre-huracán (Gannon & Willig 1994).

La respuesta diferencial a las perturbaciones causadas por los huracanes, en aves y murciélagos según su gremio, también fue registrada en la comunidad de roedores de la Reserva Natural Bladen en Belice. Klinger (2006) encontró que después del huracán Iris, la producción de frutos cesó por dos años, así la abundancia de dos frugívoros especialistas disminuyó, *Ototylomys phyllotis* y *Oryzomys rostratus*, este último eventualmente desapareció por dos años. En el mismo estudio *Heteromys desmarestianus*, también frugívoro pero oportunista, encontró en los frutos de *Astrocaryum mexicanum* el recurso necesario para sobrevivir, así la abundancia de este roedor no disminuyó significativamente en el año siguiente al huracán Iris (Klinger 2006).

En el caso de un roedor folívoro, *Sigmodon hispidus*, se registró un incremento en su abundancia después del paso de un huracán, esto debido a los rebrotes y la vegetación herbácea que se incrementa después de este tipo de perturbación (Klinger 2006). En el caso de folívoros mayores, como los venados cola blanca, *Odocoileus virginianus*, se registró después del huracán George un cambio en su patrón de movimientos debido a la alta disponibilidad de rebrotes en un área menor. Además, debido a la disponibilidad de recursos el porcentaje de crías fue mayor después de los huracanes que antes (Labisky et al. 1999, López et al. 2003). De manera similar en el caso del mono aullador (*Aloutta pigra*) del sur de Belice, después del huracán Iris utilizó los rebrotes como un recurso auxiliar en un ambiente con escasez de frutos, lo cual les permitió mantener su abundancia después del huracán Iris (Pavelka & Behie 2005).

En resumen, podemos decir el efecto de los huracanes ocasiona un cambio mayor en el grupo de frugívoros/ nectarívoros, seguido de los insectívoros y finalmente los herbívoros. Que en general, se vieron mas afectados los especialistas que los oportunistas.

Respuesta a los cambios en la disponibilidad de zonas de forrajeo

Además de la respuesta relacionada con la dieta, los huracanes pueden influir en otros niveles. Una consecuencia de los huracanes es la inundación que se puede prolongar tiempo después de pasada la perturbación. Las inundaciones cambian la disponibilidad de áreas para forrajear lo que provoca, en los animales terrestres, un desplazamiento hacia zonas no inundadas.

En el Refugio Bon Secour, en Alabama, se registró tras el huracán Opal que los roedores *Peromyscus polionotus* se desplazaron hacia las zonas arbustivas, áreas que aparentemente les proveían de refugio y recursos (Swilling et al. 1998). También, se registró en el bosque experimental de Luquillo que tras el paso del huracán Georges, las boas de la especie *Epicrates inornatus* cambiaron su movimiento hacia zonas menos alteradas en respuesta al cambio en cobertura y al cambio en la abundancia de presas (Wunderle et al. 2004).

En otro ejemplo, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Florida, después del paso del huracán Georges redujo sus movimientos a la zona donde encontraron recursos alimenticios. Se encontró que las inundaciones asociadas a los huracanes, pueden ser un factor importante en la sobrevivencia de los venados (Labisky et al. 1999, López et al. 2003).

En las selvas tropicales de Perú, las inundaciones estacionales provocan el movimiento estacional de los ungulados hacia las zonas no inundadas, denominadas Bosques de Tierra Firme, donde permanecen hasta que el nivel de las aguas disminuya de tal forma que su abundancia aumenta localmente (Bodmer 1990).

Mamíferos medianos de Cozumel

En Cozumel la comunidad nativa de mamíferos medianos (2-10 kg) tiene ocho especies: tres procionidos (*Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni*, *Potos flavus*), un cánido (*Urocyon cinereoargenteus*), un dasypodido (*Dasypus novemcinctus*), un artiodáctilo (*Pecari tajacu nanus*) y un didelfido del género *Didelphis*, que según algunos autores es *D. marsupialis*

cozumelae (Jones & Lawlor 1965, Hamblin 1984, Gompper et al. 2006, INE 1998) y según otros es *D. virginiana yucatanica* o *D. v. cozumelae* (Villa & Cervantes, 2003).

En la Selva mediana de Cozumel, Bautista 2006 registró tres especies de mamíferos medianos para los cuales realicé la descripción de sus hábitos alimenticios y de uso de hábitat: *P. pygmaeus*, *N. nelsoni* y *D. marsupialis cozumelae*. Además de una revisión breve de los mismos caracteres para el resto de los mamíferos medianos de la isla.

El prociónido con mayor abundancia en Cozumel es el mapache pigmeo (*Procyon pygmaeus*), endémico de la isla. En un estudio reciente, McFadden et al. (2006) concluye con base en un análisis de isótopos estables que el mapache pigmeo es un omnívoro generalista que se ha especializado en consumir cangrejos, pues este recurso representa hasta el 50% de la dieta (el resto se compone básicamente de fruta e insectos, mas o menos en partes iguales). En ese mismo estudio, analizan una muestra de excretas (n= 50) y aunque los resultados confirman la importancia de los cangrejos en la dieta de este mapache, también muestran que la relevancia de los diferentes componentes de la dieta cambia estacionalmente y entre sitios (McFadden et al. 2006). Por otra parte, un análisis reciente de una muestra mucho más grande de excretas (n= 224) sugiere que su dieta cambió de manera importante después del paso de los huracanes, disminuyendo la importancia relativa de los cangrejos y el material vegetal en la dieta y aumentando el consumo de vertebrados (D. Martínez datos no publicados). En cuanto al tipo de hábitat que usan los mapaches, aún cuando se asocian con cuerpos de agua y son buenos nadadores, prefieren estar en los bordes fangosos o en lugares con bajos niveles de agua (Goldman 1950), en casos extremos como las inundaciones provocadas por huracanes, además de los fuertes vientos, se ha registrado que algunos individuos pueden llegar a morir (Michener et al. 1997, Presley et al. 2006). Relevamientos realizados en toda la isla, a excepción de la zona nor-este, indican que los mapaches pigmeos están distribuidos básicamente en las zonas de manglar y en las zonas de transición de manglar a selva mediana del nort-oeste y en la selva mediana (Navarro & Suarez 1989, McFadden 2004, Cuarón et al. 2004, García-Vasco 2005, Bautista 2006; D. Valenzuela comunicación personal). En agosto de 1962 Jones y Lawlor (1965) observaron un individuo en la playa de Coconut en la costa sur-este de la isla. También, se registraron huellas de los mapaches cerca de varios cenotes en la costa sur-oeste de la isla (observación personal). Y durante los trampeos de mapaches en 2006 se registraron mapaches en la zona central de la isla, en el área de extracción de agua

potable de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) y en Rancho Las Palmas, al este del sitio arqueológico San Gervasio (Capítulo I, esta tesis; D. Valenzuela comunicación personal).

Así, estas observaciones y registros permiten asumir que los mapaches se encuentran con mayor frecuencia en los manglares de la costa noroeste y que su frecuencia en el resto de la isla es muy baja. Es posible que también se les encuentre abundantemente en las zonas de manglar de la zona norte y noreste, región bastante inaccesible y por el momento insuficientemente inexplorada.

El otro carnívoro endémico es el tejón o coatí, *Nasua nelsoni* (estado taxonómico no confirmado, Cuarón et al. 2004). Al momento no se cuenta con información sobre la dieta de este tejón, sin embargo, observaciones de *Nasua narica* en continente nos indican que los tejones son colectores omnívoros que se alimentan principalmente de frutos y artrópodos y consumen un porcentaje bajo de vertebrados (Gompper 1995, Valenzuela 1998). De acuerdo con datos calculados o citados por Valenzuela (1998) el porcentaje de la dieta representado por frutos y artrópodos varía entre sitios: fue 100 % en la Isla Barro Colorado en Panamá, 97% en Costa Rica, 88.1% en Durango, México y 97.5 % in Arizona, USA. Russell (1982) encontró que, durante la época húmeda estos animales pasan 90 % del tiempo de forrajeo colectando material animal, mientras que durante la época seca este tiempo disminuye a 54 % utilizando el resto de su tiempo en el forrajeo de frutos.

Los tejones se distribuyen principalmente en bosques no perturbados, son buenos nadadores pero no se ha observado que voluntariamente entren a cuerpos de agua (Gompper 1995). En cuanto a la presencia de *N. nelsoni* en Cozumel, en 1962 se capturó una hembra adulta a 3.5 km al norte de San Miguel (Jones & Lawlor 1965), durante 1994-1995, se observaron varios tejones a lo largo de transectos de recorrido en la zona de selva mediana al centro de la isla estimándose una densidad de 0.43 ± 0.27 individuos / km². También se registraron observaciones casuales en el área arqueológica de San Gervasio, en selva mediana, y en el Parque Punta Sur, en selva baja (Cuarón et al. 2004). Hasta el 2005, con cerca de 5,600 noches-trampa, en prácticamente toda la isla, solo había sido posible capturar un individuo en una zona de manglar al noroeste de la isla (McFadden 2004). Durante los trampeos para registrar a *P. pygmaeus* se capturaron cerca de tres decenas de tejones.

El tlacuache de Cozumel es una subespecie endémica, *Didelphis marsupialis cozumelae*. En continente la especie es considerada omnívora no discriminante, en general consume mayor proporción materia animal 63.5 % (aves, mamíferos, insectos) y en menor medida materia vegetal 22.9 % (Gardner 1983, Cordero & Nicolas 1987). En muchos lugares figura como una peste y quizás pueda ser considerado como un comensal del hombre ya que frecuente y hasta cierto punto, depende de los recursos que las zonas con actividades humanas provee como aves de corral o frutos en las zonas de cultivos (Gardner 1983). En Cozumel se capturó un individuo durante 2002 y otros dos durante 2006, y Bautista (2006) registró huellas en la zona de CAPA (ver más adelante). Adicionalmente se tienen pocos registros ocasionales en pocos sitios de Cozumel (e.g. animales atropellados en la carretera principal que rodea a la isla en la parte sur).

Potos flavus o también llamado martucha, es de hábitos arborícolas y nocturnos. Su dieta consiste principalmente de frutos, mas del 90 % en volumen, también se alimenta de flores y en menor medida de insectos, 15 % de ocurrencia y 20 % de volumen (Bisbal 1986, Ford & Hoffmann 1988; Kays, 1999). Se ha registrado que esta especie prefiere habitar bosques no alterados donde el dosel es cerrado (Ford & Hoffmann 1988). En Cozumel su presencia fue confirmada en 1995, al encontrar un cráneo en la selva mediana de la zona sur de la isla, cerca al poblado “El Cedral” (Martinez-Meyer et al. 1998). Es probable que esta especie constituya una introducción reciente (Cuarón et al. 2004). En 2005y 2006 hubo avistamientos de este prociónido, en zonas arboladas en la periferia norte de San Miguel (A. Cuarón, observación personal).

La zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*, es una especie omnívora, con un consumo preferente de pequeños vertebrados, insectos y también de material vegetal. Aunque la importancia proporcional de cada componente puede variar notablemente en diferentes latitudes y en diferentes periodos del año (Fritzell & Haroldson, 1982). En Maryland, en la zona de pie de monte, se registró que la dieta de la zorra gris cambia según la época, en verano el recurso principal son los frutos mientras que en otoño, debido a la baja disponibilidad de frutos, aumenta la frecuencia de insectos (Hockman & Chapman 1983, Harrison 1997). En regiones tropicales habita áreas con vegetación densa y zonas marginales de algunas áreas urbanas (Fuller & Cypher 2005). Según los restos arqueológicos analizados por Hamblin (1984), la presencia de la zorra gris en Cozumel fue abundante en la época Maya. La última

observación directa fue registrada en 1995 en el sur de la isla en una zona de transición manglar-selva mediana (Cuarón et al. 2004). A pesar del esfuerzo de muestreo realizado en 1994-1995 y en los trampeos entre el 2001 y 2005 no se obtuvo ningún registro por lo cual la probabilidad de registrar esta especie se consideraba baja.

Dasypus novemcinctus o armadillo tiene una dieta compuesta principalmente por insectos (> 90 %) seguido de frutos en un porcentaje mucho menor (McBee & Baker 1982, Wetzel 1983). García-Vasco (2005) capturó por lo menos un individuo en la zona de transición, área administrada por el Country Club (Campo de Golf) cuyos encargados aseguran que los armadillos frecuentan las áreas verdes del campo en busca de alimento. También se registraron observaciones casuales en la selva mediana dentro de la zona de CAPA y en los trampeos de 2006 se capturaron al menos 2 individuos en dos sitios diferentes de selva mediana.

Y por último, *Pecari tajacu nanus*, subespecie endémica, es el mamífero más grande de la isla. Su dieta en continente esta compuesta principalmente de material vegetal (frutos y hojas, Bodmer & Slows 1993). En zonas tropicales el recurso de mayor ocurrencia en el contenido estomacal son los frutos, principalmente de palmeras (> 90 %), combinado con algunos invertebrados (Kiltie 1981). En bosques tropicales caducifolios, como en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, el pecarí se alimenta principalmente de raíces y hojas (Martínez-Romero & Mandujano 1995). En algunas áreas agrícolas los pecaríes se alimentan de los productos cultivados (Sowls 1983). Aunque *P. tajacu* es una especie que puede ser observada en áreas alteradas por actividades humanas y sobre caminos (Bodmer & Slow 1993), en la isla solo se ha registrado en selva mediana. En los transectos lineales realizados de 1994-1995 (Martínez-Morales & Cuarón, información no publicada) y durante los muestreos del 2006 de este trabajo, se avistaron algunos individuos y se colectaron restos de esta especie en zonas al norte de la isla (D. Valenzuela comunicación personal).

Con base en la dieta, podemos agrupar a *P. flavus*, *P. tajacu nanus* y *D. novemcinctus* como especialistas ya que los dos primeros son frugívoros y el tercero insectívoro (mayor al 90 % de frecuencia de ocurrencia en su dieta). Mientras que *P. pygmaeus*, *N. nelsoni* y *U. cinereargenteus* son especies omnívoras con preferencia por un recurso alimenticio, el mapache prefiere cangrejos o material animal, el tejón según la zona los artrópodos o los

frutos y la zorra gris vertebrados o insectos. Y finalmente *D. marsupialis cozumelae* especie omnívora que no tiene preferencia por ningún grupo alimenticio.

Áreas de inundación y zonas con actividades humanas en relación a los mamíferos medianos de Selva Mediana.

El centro de la isla es un área dominada por selva mediana y aunque la altitud de la isla no varía, esta parte de la isla es la que sufre menos inundaciones durante la época de lluvias. Esta característica se debe a que el agua de la lluvia percola a través de fisuras en el suelo de la selva mediana hacia el nivel freático (INE 1998). Por ello, los manglares que de manera natural en época de lluvias mantienen un nivel intermedio de agua, serían las áreas más afectadas por las precipitaciones extremas durante y después de Emily y Wilma. El huracán Wilma generó una precipitación intensa entre el 20 y 23 de octubre acumulando un total de 1800 mm en el nivel de inundación (Turk et al. 2007). Estas precipitaciones ocasionaron que el 90 % de la zona urbana de Cozumel estuviera inundada para el 21 de octubre. En las áreas con el tipo de suelo de la selva mediana el nivel de la inundación disminuyó y para el 26 de octubre únicamente el 5 % de la superficie se encontraba inundada (CAPA 2006).

En cuanto a las áreas conservadas de CAPA, si dividimos a ésta zona en CAPA Norte y Sur (referente a la carretera principal) tenemos que la zona Sur se encuentra más conservada que la zona Norte. En ésta última dos de los tres ejes son caminos transitados por vehículos, el eje 1 es el ingreso de los camiones hacia la sascavera y el eje 3 como ingreso a la zona arqueológica de “San Gervasio”. Paralelos a estos mismos ejes se han asentado varios lugareños y han formado ranchos, haciendas que aumentan la carga de actividades humanas en la zona Norte de CAPA. Por el contrario, en la zona Sur de CAPA solo ingresa el personal de la Comisión para la revisión de los pozos manteniéndose las puertas de ingreso cerradas, tampoco presenta áreas ocupadas por rancheros u otros. Así la zona Sur tiene mayor superficie sin cambio de cobertura. Adicionalmente se registró que la frecuencia de perros y gatos es mayor en la franja de 1 km adyacente a las áreas modificadas por actividades humanas (Bautista 2006). Lo cual resulta en 70 % de la zona Norte con mayor influencia y 30 % en la zona Sur.

Por todo esto, las inundaciones generadas por los huracanes permanecieron por mayor tiempo en la zona de los manglares dejando la selva mediana como un área posible de refugio.

Además la Zona Sur de la Selva Mediana (CAPA) es el área más conservada donde se esperaría los animales encontrasen refugio puesto que existe menor influencia de depredadores introducidos y mayor área sin cambio por actividades humanas.

3.3. HIPÓTESIS BIOLÓGICA

Con estos antecedentes sobre las preferencias potenciales de hábitat y dieta de los mamíferos medianos de Cozumel y considerando como factores las inundaciones derivadas de los huracanes y la actividad humana (áreas más conservadas), he planteado hipótesis referentes a los posibles cambios en la abundancia relativa de las tres especies registradas (*P. pygmaeus*, *N. nelsoni* y *D. marsupialis cozumelae*) relacionadas con las perturbaciones que los huracanes Emily y Wilma dejaron a su paso.

Cambios mediados por la limitación en hábitat debido a las inundaciones

En Cozumel los mamíferos pueden superar el efecto de las inundaciones retrayéndose a áreas menos inundadas como Selva Mediana.

- *P. pygmaeus* se retraería hacia la zona de Selva Mediana por las inundaciones en la zona de Manglar área que prefiere. Su abundancia cambiaría a mayor después de los huracanes.
- Para *N. nelsoni*, que no frecuenta los mangles, no tendría que retraer su actividad por ello esperaría que la abundancia de esta especie sea igual antes y después de los huracanes.
- Y para *D. marsupialis cozumelae* esperaría que el efecto de los huracanes sea menor y por tanto un cambio no significativo.

Cambios y su relación con las áreas de actividad humana (Zonas Sur y Norte)

Debido a que, la abundancia disminuye más en las poblaciones que se encuentran fuera de áreas conservadas (Reservas) y a que estas áreas son más visitadas por los animales sobrevivientes. Esperaría que la abundancia en la zona Sur con menor actividad humana presente mayor abundancia según la especie.

- *P. pygmaeus*, antes de los huracanes en la misma abundancia en ambas zonas y después de los huracanes mayor abundancia en la zona Norte por la cercanía al área de Manglar.
- *N. nelsoni*, antes y después de los huracanes mayor abundancia en la zona Sur.
- *D. marsupialis cozumelae*, antes y después de los huracanes mayor abundancia en la zona Norte por su carácter comensal.

3.4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de los huracanes Emily y Wilma sobre la abundancia relativa de los mamíferos medianos presentes en la selva mediana, zona central de la Isla Cozumel.

Objetivos específicos

- Determinar la abundancia relativa de *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni* y *Didelphis marsupialis cozumelae* en selva mediana (circuito de caminos de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, CAPA) después de los huracanes Emily y Wilma.
- Comparar la abundancia relativa antes y después de los huracanes en los meses comunes.
- Comparar la abundancia relativa antes y después de los huracanes y su relación con el área más conservada, zonas Sur de CAPA.
- Determinar cambios en la abundancia proporcional de las especies presentes antes y después de los huracanes.

3.5. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en la isla de Cozumel cuya descripción se encuentra detallada en el Capítulo 1 al igual que las características de los huracanes Emily y Wilma cuando pasaron por la Isla.

La zona de muestreo fue el centro de la isla, donde domina la selva mediana subcaducifolia y donde se encuentra el sistema de abastecimiento de agua potable de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), que, mediante 201 pozos de captación conectados a los mantos acuíferos suministran agua a San Miguel y la zona hotelera. Las rutas que llevan a los pozos son caminos asfaltados de 3 m de ancho (INE 1998). El circuito de CAPA cubre una superficie aproximada de 40 km².

Para llegar a los 201 pozos las entidades responsables se encargaron de abrir cinco caminos principales, denominados ejes, conectados a la carretera transversal de Cozumel (la cual divide a la isla en una parte sur y otra norte). Existen tres ejes en la parte norte separados entre sí por 1.3 km y dos en la parte sur separados entre sí por 1.7 km. La longitud de cada eje es de 5 – 8.5 km. De cada uno se originan, cada 600 m, caminos secundarios o cruces, de 1 km de largo (500 m a cada lado del eje). Cuatro de los cinco ejes tienen 10 cruces mientras que en el eje número seis ubicado en la zona sur existen 13 cruces (Figura 3.1).

Evaluación Pre-huracán

Antes de los huracanes, durante el primer semestre del 2004, Bautista (2006) evaluó el estado de la fauna introducida en Cozumel y adicionalmente registró la presencia de mamíferos silvestre en el centro de la isla y otros sitios relacionados con perturbaciones humanas. Su trabajo lo realizó de enero a mayo 2004 con cinco muestreos de tres días, un muestreo por mes. Para la ubicación de las trampas se utilizaron los ejes del circuito de CAPA, excluyendo el eje 3, que es la ruta de ingreso a la zona arqueológica de San Gervasio. En cada eje se colocaron 4-5 unidades de muestreo que consistieron en 5 trampas de huellas ubicadas sobre una línea de 1 km de largo. Cada trampa estuvo separada de la siguiente por 250 m y fueron colocadas en el borde del camino. Cada unidad de muestreo estuvo separada de la siguiente por 1.8 km (Figura 3.1), de tal manera que se tuvo un total de 17 unidades de muestreo. Cada trampa de huella fue revisada y alistada diariamente, durante tres días consecutivos. Cada

trampa de huella consistió en polvo de piedra tamizado sobre una superficie de plástico de 1.0 x 0.8 m, en medio de la cual se colocó un pequeño recipiente con cebo como atrayente olfativo (sardinas), así, los animales atraídos a la trampa, dejaron en el polvo sus huellas que permitieron su identificación.

Los ejes 1 y 2 son considerados como la zona Norte por encontrarse al norte de la carretera que divide la isla, y los ejes 6 y 8 como la zona Sur. Bautista, solo analizó los datos de perros y gatos ferales y nos facilitó amablemente los datos de especies de fauna silvestre para su análisis.

Evaluación Post-huracán

Para evaluar la abundancia de los mamíferos medianos en Cozumel después de los huracanes, utilicé el mismo método y área de muestreo que Bautista (2004). Realicé dos muestreos de tres días cada uno, en abril y julio de 2006. Las trampas fueron colocadas de la misma forma y cebadas con sardinas (Figura 3.1).

Las huellas encontradas fueron identificadas con ayuda del manual de identificación de huellas de Aranda (2000). Los datos registrados por cada trampa de huella fueron: fecha, número de trampa, trampa activada o desactivada (una trampa fue considerada como desactivada si se encontraba totalmente removida por algún animal o si el polvo humedecido por lluvia hubiese borrado las posibles huellas y también si un auto hubiese pasado por la trampa), especie y registro fotográfico. Un registro es el valor que indica la presencia o ausencia de una especie en una sola trampa (1 ó 0), independiente del número de huellas en una misma trampa. Adicionalmente, registré las huellas de perros y gatos ferales, para permitir posteriormente una comparación similar, para estos animales.

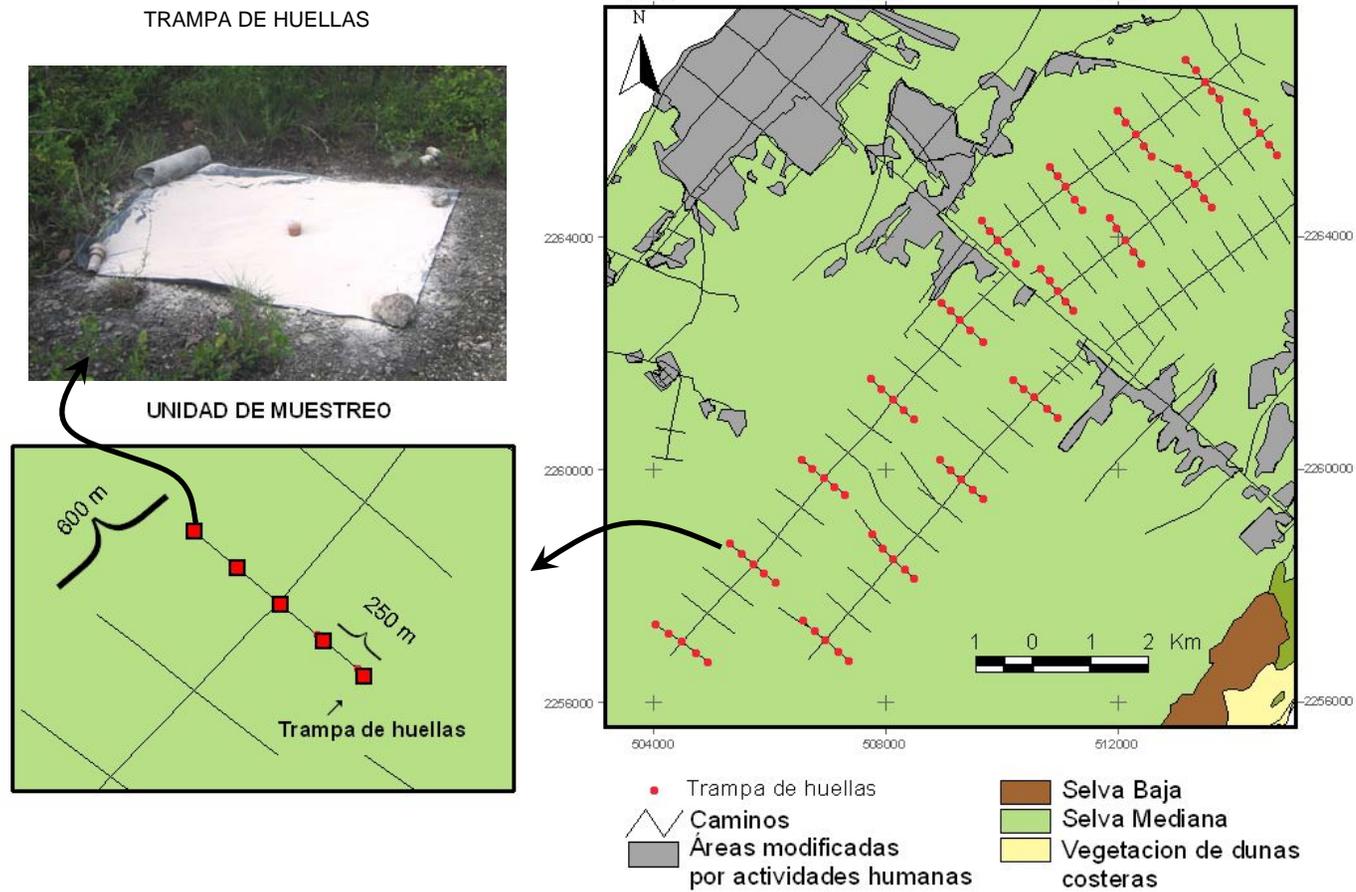


Figura 3.1: Puntos de muestreo y disposición de las trampas de huellas sobre los caminos de CAPA. Esquema de la unidad de muestreo (cinco trampas sobre un mismo camino).

Análisis de datos

El índice que utilicé para medir la frecuencia de visitas por cada especie fue el Índice de Actividad (IA) desarrollado por Allen y colaboradores (1996), el cual se calcula según la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{1}{d} \sum_{j=1}^d \frac{1}{p_i} \sum_{i=1}^{p_j} x_{ij}$$

Donde x_{ij} es el número de huellas de la especie x encontradas en una unidad de muestreo; p es el número de unidades de muestreo que fueron activadas, en nuestro caso 17 en total (9 en la zona sur y 8 en la zona norte) y d el número de días de evaluación (tres días). Así, el índice refleja el número promedio de huellas por unidad de muestreo por día.

Consideraré al conjunto de cinco trampas como unidades de muestreo para obtener un estimado conservador y disminuir el efecto de una posible sobreestimación de la actividad de una especie por los registros de un mismo individuo en trampas vecinas.

La varianza de esta medida para muestreos de diferente tamaño se obtiene a partir de la siguiente fórmula (Engeman et al. 1998, 2002):

$$Var(IA) = \frac{\sigma_p^2}{d} \sum_{j=1}^d \frac{1}{p_i} + \frac{\sigma_d^2}{d} + \frac{\sigma_e^2}{d} \sum_{j=1}^d \frac{1}{p_i}$$

El cálculo de la varianza lo realicé estimando los componentes de la varianza en SPSS con ayuda del comando VARCOMP.

Comparación mensual: Obtuve el IA y los intervalos de confianza (95 %) por mes para cada especie encontrada, así identifique las diferencias temporales en la actividad de las especies.

Comparación Pre y post-huracán: Si los valores mensuales no hubieran diferido entre sí, hubiera agrupado la información de todos los meses para obtener un valor pre-huracán y uno post-huracán y evaluar la significancia de la diferencia mediante una prueba de Z (Engeman et al. 2002). Sin embargo, como los valores mensuales difirieron entre sí, comparé los valores pre

y post huracanes que correspondan al mismo mes con una prueba de Z. La comparación sólo fue posible con el mes de abril.

Comparación por zonas: Separé las frecuencias de registro por zonas de muestreo en CAPA Sur y CAPA Norte y obtuve los intervalos de confianza para evaluar la diferencia en la actividad de las especies.

Los análisis se hicieron con un nivel de alfa de 0.05, usando el programa de análisis estadístico SPSS para Windows versión 11.5.1. (Fernández 2004).

3.6. RESULTADOS

Datos generales

Los detalles del esfuerzo de muestreo se encuentran en la Tabla 3.1. En total se acumuló un esfuerzo de muestreo de 1,135 y de 510 trampas-día, antes y después de los huracanes.

Tabla 3.1. Esfuerzo de muestreo para el registro de huellas en Selva mediana durante el 2004 y el 2006.

	2004				2006			
	Esfuerzo de muestreo (trampas-día)	Unidades de muestreo acumuladas	Unidades de muestreo desactivadas	N° trampas con un registro	Esfuerzo de muestreo (trampas-día)	Unidades de muestreo	Unidades de muestreo desactivados	N° de trampas con un registro
Enero	235	47	11	25	-	-	-	-
Febrero	255	51	5	34	-	-	-	-
Marzo	255	51	14	23	-	-	-	-
Abril	255	51	8	8	255	51	3	27
Mayo	135	27	1	18	-	-	-	-
Julio	-	-	-	-	255	51	15	22
Total	1135	227	39	108	510	102	18	49

Los registros pre-huracán indican la presencia de tres especies durante el primer semestre del año: *Procyon pygmeus*, *Nasua nelsoni* y *Didelphis marsupiales cozumelae*. Antes de los huracanes, el mes con menor número de registros (número de trampas “positivas”) fue abril y el mes con mayor número de registros fue febrero. En los registros post-huracán se registraron huellas únicamente de estas tres especies (Figura 3.2).

a.



b.



c.



Figura 3.2: Registro fotográfico de una huella dejada por: a) *Procyon pygmaeus*, b) *Nasua nelsoni* y c) *Didelphis marsupialis*.

Comparaciones mensuales

Antes de los huracanes se observa que las diferencias en el IA entre los meses son significativas para *P. pygmaeus* y *D. marsupialis cozumelae*. Para los mapaches el mayor IA fue registrado entre los meses de enero y marzo bajando significativamente hacia abril y aumentando un poco, aunque no significativamente hacia mayo. En el caso del tlacuache la variación se debe a que en enero se registró el mayor IA mientras que de febrero a mayo la actividad fue mínima. En el caso de *N. nelsoni* los registros no fueron diferentes entre meses, esto debido a que solo se obtuvieron dos valores del IA, uno en enero y otro en abril, y ambos fueron bajos (Tabla 3.2).

Después de los huracanes las diferencias mensuales no fueron significativas estadísticamente en *P. pygmaeus* ($Z=0.46$, $p=0.321$) y *N. nelsoni* ($Z=1.24$, $p=0.107$) mientras que en *D. marsupialis cozumelae* el IA fue mayor durante abril y menor en julio ($Z=-10.47$, $p=0.000$).

Comparación Pre vs Post-huracán

Los valores del IA para las tres especies nos indican que en los tres casos su abundancia en la zona de estudio, en general, fue mayor tras el paso de los huracanes, comparando el mes de abril (único mes en el que los muestreos mensuales antes y después de los huracanes coinciden). La actividad de *P. pygmaeus* en abril 2006, fue cerca de tres veces mayor a la actividad registrada en abril del 2004 ($Z=12.3$, $p=0.000$, Figura 3.3). Asimismo, los registros de *N. nelsoni* indican que durante abril 2006 fueron tres veces más activos que en abril 2004 ($Z=4.73$, $p=0.000$, Figura 3.3) Y en el caso de *Didelphis marsupiales cozumelae* la comparación indica que el IA después de los huracanes fue cerca de diez veces mayor ($Z=-14.18$, $p=0.000$, Figura 3.3).

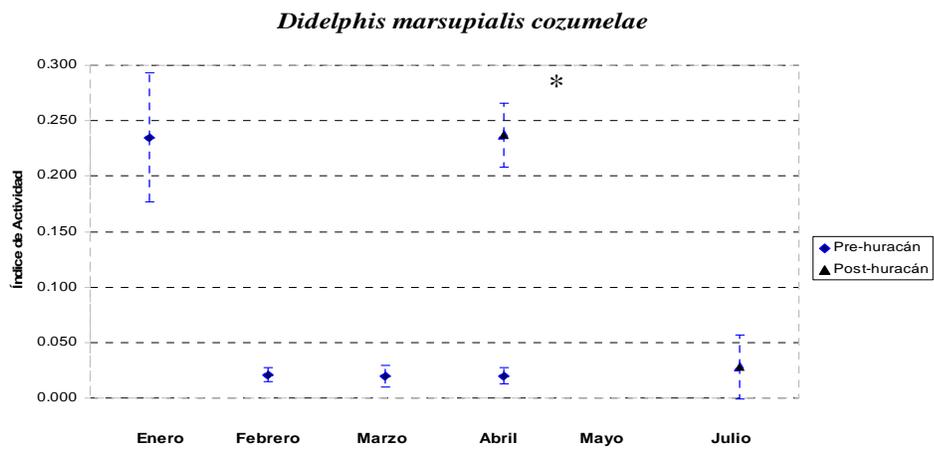
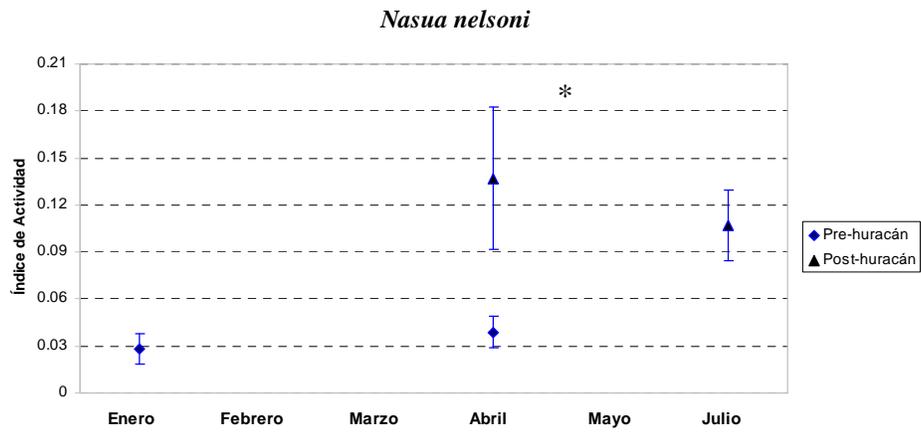
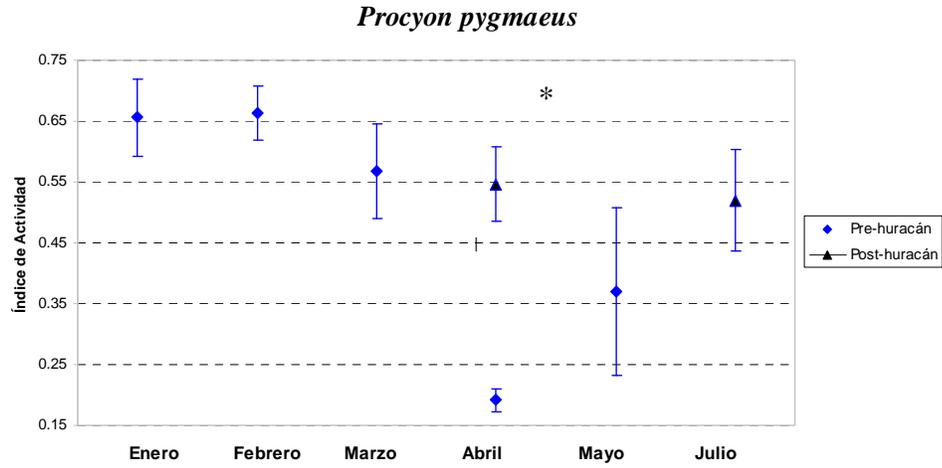


Figura 3.3: Índice de Actividad e intervalos de confianza de las tres especies de mamíferos medianos registrados en Selva mediana. * indica diferencia significativa entre los valores de IA para ese mes.

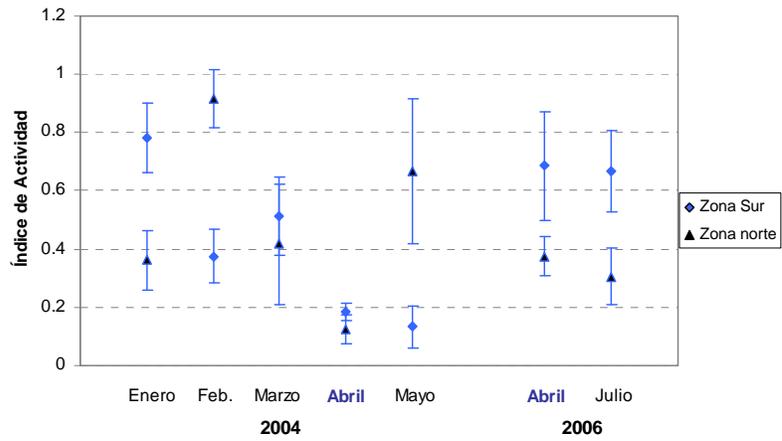
Comparación entre zonas: Sur vs Norte

La actividad de los mapaches en el área de estudio fue alta, aunque su distribución entre la zona sur y la norte fue muy variable (Figura 3.4); baja y homogéneamente distribuida entre ambas zonas en abril 2004, mientras que en abril 2006 la actividad aumentó notablemente (mayor en la zona sur) y se mantuvo constante en julio 2006.

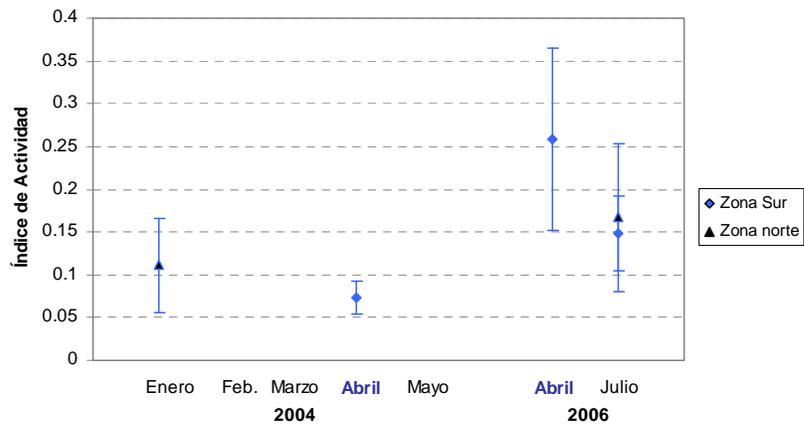
La actividad de los tejones antes de los huracanes en el área de estudio fue baja y no se registró en todos los meses, sólo durante enero en la zona norte y durante abril, en la zona sur. Después de los huracanes su actividad aumentó notablemente en el área de estudio y la intensidad durante abril de 2006 fue mucho mayor que en abril de 2004, aunque de igual manera solo en la zona sur. Posteriormente, en julio de 2006, también se registro su actividad aunque de manera menos intensa pero distribuida de manera homogénea entre zonas (Figura 3.4).

Para el caso de los tlacuaches antes de los huracanes se registró muy poca actividad y prácticamente restringida a la zona sur. Durante abril del 2006, aumentó la actividad notablemente en el área de estudio y se registró solo en la zona norte. Sin embargo, en el muestreo de julio de 2006, se registró un IA bajo y solo en la zona sur, para esta especie (Figura 3.4).

Procyon pygmaeus



Nasua nelsoni



Didelphis marsupialis cozumelae

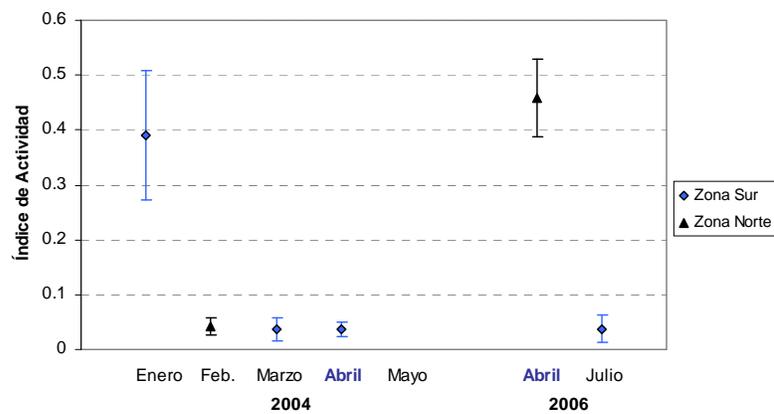


Figura 3.4: Índice de Actividad e intervalos de confianza de para las tres especies de mamíferos medianos en las zonas de muestreo CAPA sur y CAPA norte.

Relación proporcional de las especies en Selva mediana

Antes y después de los huracanes *P. pygmaeus* fue la especie con más registros en todos los meses. Durante los primeros meses del 2004 *D. marsupialis cozumelae* fue la segunda especie registrada. Ya en abril éste patrón cambió, primero las dos especies hasta ahora mencionadas disminuyeron significativamente su actividad mientras que *N. nelsoni* la aumentó, aunque no significativamente. Con estos cambios en abril la segunda especie con más registros fue *N. nelsoni* y no *D. marsupialis cozumelae* (Figura 3.5).

En abril del 2006 el tlacuache fue la segunda especie con mayor actividad disminuyendo la frecuencia de sus registros en julio mes en el cual el tejón presentó mayor actividad.

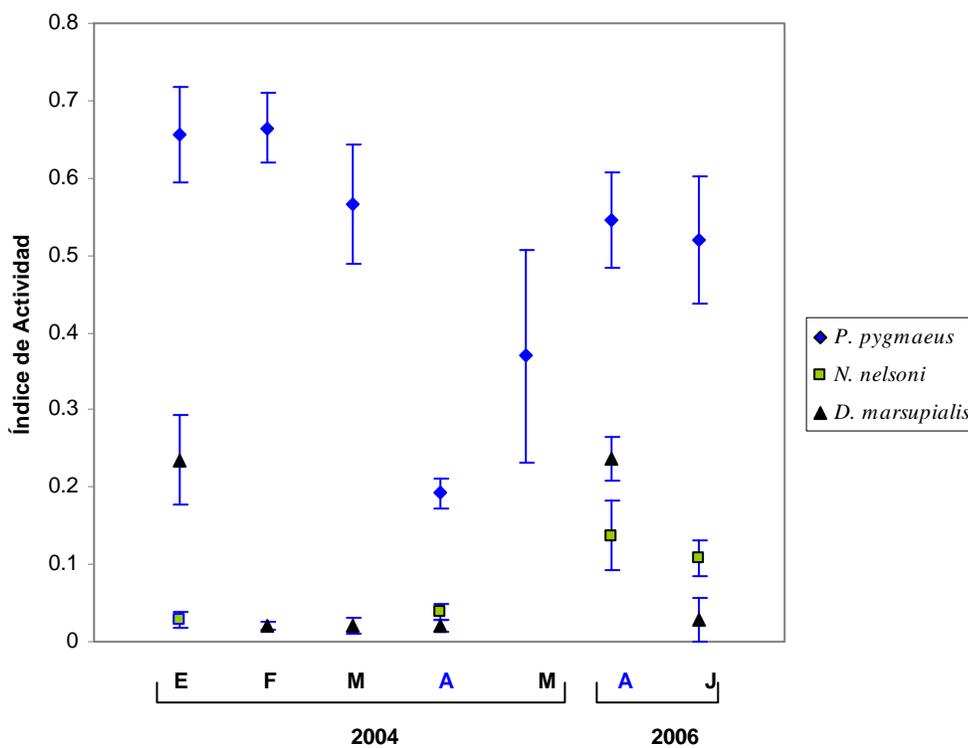


Figura 3.5: Relación proporcional de los mamíferos en Selva mediana en los meses de muestreo.

3.7. DISCUSIÓN

El número y la identidad de las especies en Selva Mediana no cambiaron después de los huracanes. Las tres especies encontradas fueron *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni* y *Didelphis marsupialis*. Aunque en otras regiones las fuertes inundaciones reunieron a varias especies en una misma zona debido a la baja disponibilidad de espacio (Bodmer 1990, Swilling et al. 1998), en Cozumel las inundaciones no provocaron un cambio en el uso espacial de las demás especies. Sin embargo, en las tres especies sí se produjo un cambio significativo según en el IA, es decir tanto los mapaches, tejones y tlacuaches cambiaron sus patrones de movimiento y/o abundancia después de los huracanes ocasionando un mayor registro de actividad en el 2006.

El IA nos muestra el resultado de dos probables parámetros, la actividad, que después de los huracanes puede cambiar a causa del mayor movimiento por la búsqueda de alimento y lugares de refugio, y la abundancia, que después de los huracanes también podría aumentar a causa de la restricción en espacios buscando lugares disponibles como la Selva Mediana, aumentando en consecuencia la carga de individuos para esta zona.

Aunque se observaron cambios significativos en abril 2004 vs 2006, es difícil determinar si estos pueden ser extrapolados e interpretados como cambios entre años a causa de los huracanes, especialmente porque la variación mensual pre-huracán es significativa. Los cambios naturales entre épocas generalmente se deben a cambios en los recursos, adicionalmente los cambios mensuales en las épocas pueden estar relacionados con los patrones en el ciclo de reproducción. Para los mapaches pigmeos y los tejones de Cozumel la época de reproducción coincide entre los meses de abril y mayo. Así, de enero a mayo se presenta la época seca y de abril a mayo la época de reproducción por lo cual no es posible reunir a todos los registros en un solo dato pre y post-huracán. Sin embargo, para dilucidar la duda de los efectos verdaderos de los huracanes y de las causas que provocaron el cambio en el IA, contamos con observaciones adicionales de los mamíferos en este mismo período, los cuales permitieron tener una idea más clara sobre los cambios ocurridos en la actividad y/o la abundancia de los mamíferos.

En el caso de los mapaches, resultados del primer capítulo señalan cuatro capturas en Selva Mediana a diferencia de años anteriores en los que ningún individuo fue capturado (en

ambos el esfuerzo de captura fue mayor a 1300 trampas-noche). También se registraron 6 capturas fuera del muestreo al norte de CAPA. Esta diferencia en capturas, antes y después, sugiere dos escenarios, primero que existió un aumento en la actividad debido a la disminución general de recursos por lo cual fue más fácil la captura de los pocos individuos presentes en esta zona; y segundo un cambio en abundancia ya que aun con la mayor actividad las capturas fueron mayores a las esperadas 10 (post) vs 0 (pre), entonces el mayor IA para el mapache es el resultado de la mayor actividad y de la mayor abundancia local, observación atribuida a los huracanes.

En el caso de los tejones, cuyo IA aumentó significativamente después de los huracanes, se registró también un cambio en las densidades los cuales indican un aumento significativo en el número de tejones por unidad de superficie en esta área. Antes de estas perturbaciones se registró una densidad de 0.43 ± 0.27 individuos/km² (Cuarón et al. 2004), mientras que después estimé, con base en datos de captura-recaptura en el muestreo destinado a los mapaches, una densidad de 13.3 ± 3.89 individuos/ km² (información no publicada). Así, es evidente que además del aumento en la actividad por la escasez de recursos, hubo un mayor e importante aumento en el número de individuos tras el paso de los huracanes.

En cuanto a *D. marsupialis cozumelae* es difícil saber cuál fue la causa principal del mayor IA y sí realmente existió un efecto de los huracanes. En los muestreos del 2006 se capturaron dos tlacuaches, uno en selva baja y otro al norte de CAPA, además se encontraron dos individuos atropellados en la carretera de la costa oeste. Quizás en el caso de esta especie, el mayor IA post-huracán se deba más a una mayor movilidad de sus individuos que a un aumento en el número de individuos.

Entonces, después de los huracanes la actividad de *P. pygmaeus* y *N. nelsoni* fue mayor que antes de los huracanes apoyando la hipótesis propuesta para estas especies, para *D. marsupialis* no se cuenta con la suficiente información para evaluar la hipótesis.

En cuanto a las diferencias en relación con el área más conservada (CAPA Sur) lo esperado no se cumple claramente. En general, después de los huracanes solo *P. pygmaeus* presentó mayor frecuencia en CAPA Sur aunque antes de los huracanes su preferencia por la zona Sur no fue evidente, *N. nelsoni* durante abril post-huracán sí frecuentó más la zona Sur pero en julio cambió su actividad hacia la zona Norte mientras que antes de los huracanes su

frecuencia fue indiferente a las zonas y *D. marsupialis* después de los huracanes frecuentó más la zona Norte y luego disminuyó y cambio a la zona Sur.

Así, por el mayor IA es probable que tras una perturbación extrema los mapaches y los tejones (éste último por la magnitud de su IA) prefieran una zona con menor perturbación como la zona sur de CAPA. Este patrón fue señalado por Pierson y colaboradores (1996), quienes sugirieron que áreas conservadas de un tamaño adecuado pueden asegurar a corto plazo el mantenimiento de pequeñas poblaciones aún después de severos huracanes consecutivos. De esta forma la importancia de áreas conservadas en la preservación de las especies sujetas a constantes perturbaciones toma mayor relevancia.

En el caso de *D. m. cozumelae*, la mayor actividad humana le beneficia por los recursos disponibles (Gardner 1983, Oriuela & Jiménez 2005). Así, es probable que CAPA Norte represente una mejor área que la zona más conservada CAPA Sur.

De abril a julio (este último que no tiene mes de comparación antes de los huracanes), los tejones disminuyeron su actividad algunos se registraron en CAPA Norte y probablemente la mayoría pudo dispersarse hacia la zona más Sur de la Selva Mediana de donde pudieron haber llegado antes de los huracanes.

En cuanto a la proporción relativa de las especies, el cambio fue menor puesto que antes y después de los huracanes *P. pygmaeus* fue la que presentó más actividad en la zona de estudio. La proporción de abril 2006 se asemeja a las proporciones encontradas entre enero y marzo del 2004, ambas en época seca, y las proporciones de julio 2006 se asemejan a las registradas en abril y julio 2004. Así, la proporción de las especies se mantuvo después de Emily y Wilma.

3.8. CONCLUSIONES

- En los registros pre-huracán y post-huracán se evidenció la presencia de *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni* y *Didelphis marsupialis cozumelae* en la selva mediana de CAPA. Los fuertes vientos, las inundaciones y los cambios ocasionados en el bosque por los huracanes Emily y Wilma afectaron la actividad de los mamíferos medianos. El Índice de Actividad de las tres especies fue mayor después de los huracanes para el mes de abril.

- El aumento en la actividad registrada para *P. pygmaeus* en la zona de CAPA, probablemente se debió a una combinación de una mayor movilidad de los individuos por la búsqueda de alimento y lugares de refugio después de los huracanes y un mayor número de individuos en el área. El aumento en la actividad de *Nasua nelsoni* se debió principalmente a la mayor abundancia como sugieren los datos de densidad.
- En el caso de *D. marsupialis cozumelae* el aumento en la actividad registrada tras los huracanes, parece más bien resultado de una mayor movilidad de los individuos y con ello una mayor probabilidad a ser registrado que antes de los huracanes.
- En términos generales, los resultados de este trabajo sugieren que la actividad de *P. pygmaeus* y *N. nelsoni* en la selva mediana de CAPA, se concentra en la zona Sur que es el área más conservada de CAPA Sur y en la zona norte para *D. marsupialis cozumelae*.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL

La población de *Procyon pygmaeus* después de los huracanes presentó cambios menores en la abundancia (densidad y éxito de captura). El análisis de los datos post-huracán señalan una disminución progresiva en la abundancia del primer al tercer muestreo. Además de estos cambios un efecto significativo de los huracanes sobre las poblaciones de los mapaches se observa en la condición corporal. Después de los huracanes los mapaches de la zona de Manglar tuvieron una condición corporal significativamente menor a los de Transición, las diferencias fueron mayores en los machos y la recuperación al igual diferencial entre sexos. Los machos después del primer muestreo disminuyeron su condición hacia la segunda sesión mientras que las hembras se recuperaron progresivamente. En el caso de los machos el afectó adicional pudo deberse a la época de apareamiento que coincidía con la segunda sesión en la que realizan mayor gasto energético.

Además de los parámetros poblacionales y los cambios fisiológicos, los registros de la actividad, relacionados a cambios conductuales, indican que algunos mapaches pudieron haber realizado migraciones locales de Manglar hacia Transición e incluso hacia Selva Mediana donde se los registró en mayor frecuencia que en años previos. Este mismo patrón ha sido documentado para otros mamíferos después del impacto de un huracán, como por ejemplo, roedores que realizan movimientos hacia zonas arbustivas de rápida recuperación donde se refugian de sus depredadores (Swilling et al. 1998) o también murciélagos que cambian el uso de su hábitat después de los huracanes (Pierson et al. 1996). La mayor actividad de los mapaches en el Zona Sur de CAPA (área con menor actividad humana), después de los huracanes, nos indica la importancia de zonas conservadas que puedan mantener y apoyar la

recuperación de pequeñas poblaciones aún después de grandes perturbaciones como los huracanes categoría 4-5.

Según la especie, algunos efectos y la recuperación pueden observarse aún después de varios meses o años, por ejemplo, en los roedores *Peromyscus polionatus* los efectos se observaron 7 a 10 meses después de pasados los huracanes; en los murciélagos de las islas Samoa los efectos fueron inmediatos y la recuperación no llegó aún después de dos años de seguimiento pensando en una probable extirpación a causa de los huracanes (Pierson et al. 1996). Por ello, los resultados del presente trabajo solo muestran un instante de lo que la población de mapaches estuvo y está experimentando y de los posibles efectos a largo plazo.

En todo esto, los manglares por su alta productividad fueron zonas preferidas por los mapaches antes de los huracanes, así como lo registró McFadden (2004), Navarro & Suarez (1989) y otros autores para *P. lotor* (Goldman 1950, Stevens et al. 1995). Sin embargo, por los mayores efectos a causa de las inundaciones, desplazamiento de recursos (cangrejos) y mortalidad de árboles, su recuperación es lenta (Ellison & Farnsworth 1996, McKee 1996). De tal forma que los mapaches que permanecen en esta zona pueden resultar más afectados tal como se registró en este trabajo. Menor porcentaje de crías y menor condición corporal.

Resultados del Capítulo II sobre *Nasua nelsoni* y *Didelphys marsupiales cozumelae* nos dan evidencias que el tejón también fue afectado por el paso de los huracanes. Los registros pre-huracán de los tejones sugieren que su actividad estuvo concentrada en la zona de selva mediana al norte de la isla (D. Valenzuela comunicación personal) y que es posible que una porción de esta población se haya desplazado por efecto de los huracanes a la Selva Mediana al centro de la Isla donde se lo registró en mayor abundancia y actividad que en años previos. En el caso de los tlacuaches, pese a los grandes esfuerzos de muestreo antes de los huracanes, no se tienen registros sistemáticos previos de esta especie, sin embargo, si fueron

observados, por lo que es factible pensar que los tlacuaches no fueron abundantes. Tras el paso de Emily y Wilma los pocos tlacuaches presentes fueron más susceptibles a ser observados, así, los registros post-huracán señalan mayor abundancia y/o actividad que los años previos. Además se registraron varios individuos atropellados en la carretera de la costa sur-oeste de la isla, lo que sugiere un aumento de los movimientos locales y hacia otras zonas de la isla como la zona norte donde la perturbación humana es mayor y donde podrían conseguir fácilmente más recursos alimenticios.

En general, los huracanes afectaron en menor medida la abundancia de los mapaches tanto en Manglar como en Transición. El efecto fue mayor en el porcentaje de juveniles y en la condición corporal de los mapaches de Manglar. Los mapaches de Selva Mediana aumentaron su actividad y probablemente aumentaron en su abundancia a causa de una migración local de los manglares y otras zonas de transición. También, los huracanes afectaron la abundancia y la actividad de los tejones en la Selva Mediana, después de los mismos fue significativamente mayor y en el caso de los tlacuaches los efectos no fueron evidentes.

5. RECOMENDACIONES

En 1994 las sugerencias de Glatston para la conservación de los mapaches pigmeos fueron: 1) se requiere de una investigación que determine la condición taxonómica del mapache en Cozumel, 2) realizar un relevamiento para determinar la cantidad y distribución de los mapaches con vistas a establecer reservas en áreas de manglares y 3) se necesita un estudio que determine cómo esta especie puede coexistir con el turismo. En el 2004 las sugerencias de Cuarón y colaboradores fueron: 1) prevenir la introducción de congéneres provenientes de continente, 2) controlar y si es posible erradicar a los perros y gatos ferales de

la Isla, 3) mantener la conectividad de la vegetación y crear corredores, 4) un programa de reproducción en cautiverio, 5) implementar una política pública sobre lo que puede determinar la calidad del ambiente en Cozumel, 6) realizar campañas de concientización pública para promover la conservación de fauna de Cozumel y 7) actividades de manejo basados en información científica.

Desde las recomendaciones señaladas por Glatston en 1994, al momento se ha realizado un trabajo adecuado para determinar la cantidad y distribución de los mapaches. Con la información generada se ha iniciado el proceso para la implementación de un área protegida en Cozumel (A. Cuarón, comunicación personal). Así, se trabajó en dos de las tres recomendaciones señaladas. De las sugerencias realizadas por Cuarón y colaboradores en el 2004, el proyecto “Ecología y Manejo para la Conservación de una Biota Endémica Insular Críticamente Amenazada” ha contribuido con información valiosa para efectivizar los puntos 2, 3 y 7.

Así, la siguiente sección que contiene una serie de recomendaciones pueden haber sido mencionadas anteriormente, sin embargo, su reiteración ayudará a mantener el objetivo de conservación con varios precedentes como señal de la evolución en el proceso.

Sobre la especie y criterios de conservación

- Debido a que no podemos disminuir la frecuencia de los huracanes, y si esto es posible será a través de revertir o minimizar los cambios climáticos para lo cual existen agendas internacionales y pequeños aportes a través de cambios cotidianos <http://cambio_climatico.ine.gob.mx>, debemos pensar en las otras perturbaciones que disminuyen la probabilidad de sobrevivencia de los mapaches cuando un huracán de gran magnitud llega.

- Es importante considerar Áreas Conservadas como zonas de refugio y como fuentes de recursos para asegurar la recuperación y mantenimiento de pequeñas poblaciones aún después del paso de huracanes de gran magnitud.
- Por la importancia de los manglares para especies costeras y, en este caso, para la sobrevivencia de los mapaches pigmeos, debería implementarse un proyecto para proteger y gestionar acciones concretas de conservación de los manglares de Cozumel. Durante los muestreos se evidenció que parte de los manglares están o ya fueron parcelados, lo cual disminuye áreas importantes de forrajeo para la especie.
- Debería darse un monitoreo permanente a las poblaciones de mapache pigmeo en los sitios de estudio. Esto permitirá evaluar si los cambios que generaron los huracanes sobre sus poblaciones tienen consecuencias a mediano o largo plazo y por otra parte, prever la interacción negativa con perturbaciones de origen humano.
- Debido a que las perturbaciones humanas en Cozumel alcanzan a cubrir el 43 % de la superficie (áreas modificadas por actividades humanas más área buffer de 1km por los efectos, Bautista 2006) no deberían otorgarse más zonas en concesión para actividades humanas sin tomar en cuenta los requerimientos de hábitat y espacio de las especies endémicas de la isla. Las concesiones otorgadas en zonas de manglar deberían revertirse.
- Sería conveniente implementar un programa intensivo de educación y concientización sobre el valor de los mamíferos medianos de Cozumel, ya que el aporte de los isleños y de los turistas a desmejorar la calidad del hábitat de los animales en suma es significativo. Si al final la población siente en algún momento responsabilidad por las especies llevará este tema a los niveles adecuados, que sería una ayuda al pequeño

grupo de investigadores que tal vez llegaría al mismo punto pero con mucho más esfuerzo.

- Es conveniente que las actividades de control y erradicación de perros y gatos ferales en la isla continúen a largo plazo, con lo que se minimizarán los efectos negativos de estas especies sobre las especies nativas.
- De ser posible, convendría evaluar la posible implementación de estrategias temporales (*e.g.* manejo de hábitat, suministro de recursos alimenticios en algunos periodos) que permitieran a las poblaciones de mamíferos nativos mantenerse vigorosas. Con ello se buscaría que su estado poblacional fuese más robusto para la eventual y muy probable ocurrencia de más huracanes de gran magnitud. También, la implementación de un plan post-huracán en que se recuperen crías abandonadas o el auxilio a individuos heridos podría ayudar a que la población se conserve.

Sobre el seguimiento

- Además del seguimiento en las zonas ya muestreadas, deberían llevarse a cabo muestreos intensivos en zonas no trabajadas de la isla y en caso de tener éxito al registrar a las especies, iniciarse un seguimiento de las poblaciones encontradas. En particular, la porción centro norte y norte de la isla, bastante inaccesible, ha sido poco trabajada y es una zona donde es muy probable encontrar poblaciones de *P. pygmaeus* y *N. nelsoni* con cierta abundancia.
- Sería muy conveniente generar una base única de datos sobre cada especie, donde se compilen los resultados de las diferentes investigaciones. Se deberían generar

protocolos estándares unificados para el registro de datos en estos estudios y para el manejo de estos animales.

- Convendría notablemente implementar estudios con radiotelemetría, lo que permitiría obtener información mucho mas detallada de la presencia, los patrones de actividad y uso de hábitat y los requerimientos de espacio de estas especies.

6. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agoramoorthy, G. & M.J. Hsu. 2005. Population size, feeding, forearm length and body weight of a less known Indian fruit bat, *Latidens salimalii*. *Current Science* 88: 354-356.
- Allen, L., R. Engeman & H. Kupra. 1996. Evaluation of three relative abundance indices for assessing dingo populations. *Wildlife Research* 23:197-206.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A. C. Xalapa..
- Bautista, D.S. 2006. Distribución, abundancia y dieta de perros y gatos ferales en la Isla Cozumel. Tesis de Maestría. INECOL. Xalapa..
- Bisbal, F.J. 1986. Food habits of some neotropical carnivores in Venezuela (Mammalia: Carnivora). *Mammalia* 50: 329-339.
- Bodmer, R.E. & L.K. SOWLS. 1993. The Collared Peccary (*Tayassu tajacu*). En: W. Oliver (Ed.) "Pigs, Peccaries and Hippos Status Survey and Action Plan". International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Bodmer, R.E. 1990. Responses of ungulates to seasonal inundations in the Amazon floodplain. *Journal of Tropical Ecology* 6: 191-201.
- Brokaw, N. & L. Walker. 1991. Summary effects of Caribbean hurricane on vegetation. *Biotropica* 23: 442-447.
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, CAPA. 2006. Reporte de atención a contingencia "Huracán Wilma".
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales & R.A. Medellín. 2002. Mamíferos de México. En: Ceballos & Simonetti (Ed.) "Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales". Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R.A. Medellín, L. Medrano & G. Oliva. 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. En: Ceballos & Oliva (Ed.) “Los mamíferos silvestres de México”. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México.
- Chan, J.C.L. 2006. Comment on “Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment”. *Science* 311: 1713b.
- Cooch, E. & G. White. 2006. Program Mark, a gentle introduction. 5a Edition.
- Cordero, A. & A. Nicolas. 1987. Feeding habits of the opossum (*Didelphis marsupialis*) in Northern Venezuela. *Fieldiana: Zoology* 39: 125-131.
- Cuarón, A. D., M.A. Martínez-Morales, K. McFadden, D. Valenzuela & M. Gompper. 2004. The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 13:317-331.
- Efford, M.G., D.K. Dawson & C.S. Robbins. 2004. DENSITY: software for analyzing capture–recapture data from passive detector arrays. *Animal Biodiversity and Conservation* 27: 217-228.
- Eggleston, D. & E.G. Johnson. 2004. Population Dynamics and Stock Assessment of the Blue Crab in North Carolina. Report to the North Carolina Fishery Resource Grant Program, North Carolina Sea Grant, and the North Carolina Department of Environmental Health and Natural Resources, Division of Marine Fisheries
- Ellison, A.M. & E.J. Farnsworth. 1996. Anthropogenic disturbance of Caribbean Mangrove Ecosystems: Past impacts, present trends, and future predictions. *Biotropica* 28: 549-565.
- Engeman, R.M., L. Allen & G.O. Zerbe. 1998. Variance estimate for the Allen activity index. *Wildlife Research* 25: 643-648.

- Engeman, R.M., M.J. Pipas, K.S. Gruver, J. Bourassa & L. Allen. 2002. Plot placement when using a passive tracking index to simultaneously monitor multiple species of animals. *Wildlife Research* 29: 85-90.
- Fernández, J.M. 2004. Manual de SPSS 11.5 para Windows (aplicado a las Ciencias de la Documentación). Departamento de Estadística e Investigación Operativa Facultad de Matemáticas. Universidad de Murcia.
- Fleming, T.H., E.T. Hooper & D.E. Wilson. 1972. Three central american bat, communities, structure, reproductive cycles, and movements patterns. *Ecology* 53: 653-670.
- Ford, L.S. & K.S. Hoffmann. 1988. *Potos flavus*. *Mammalian Species* 321:1-9.
- Fritzell, E.K. & K.J. Haroldson. 1982. *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*. No. 189.
- Fuentes-Montemayor, E. 2007. Efectos de borde provocados por caminos sobre poblaciones de ratones endémicos de la Isla Cozumel. Tesis de Maestría. UNAM. México DF.
- Fuller, T.K. & B.L. Cypher 2005. Gray fox (*Urocyon cinereargenteus*) Schereber 1775. IUCN/SSC Canid Specialist Group.
- Gannon, M.R. & M.R. Willig. 1994. The Effects of Hurricane Hugo on Bats of the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. *Biotropica* 26(3): 320-331.
- Garcia-Berthou, E. 2001. On the Misuse of Residuals in Ecology: Testing Regression Residuals vs. the Analysis of Covariance. *The Journal of Animal Ecology* 70(4): 708-711.
- Garcia-Vasco, D. 2005. Distribución, abundancia y aspectos poblacionales del mapache enano (*Procyon pygmaeus*), un carnívoro insular endémico. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. México.
- Gardner, 1983. *Didelphis marsupialis*. En: Janzen (Ed.). "Costa Rican Natural History". The University of Chicago. Chicago.

- Gehrt, S.D. & E.K. Fritzell. 1999. Growth Rates and Intraspecific Variation in Body Weights of Raccoons (*Procyon lotor*) in Southern Texas. *American Midland Naturalist* 141 (1): 19-27.
- Glatston, A.R. 1994. The red panda, olingos, coatis, raccoons, and their relatives: status survey and conservation action plan for procyonids and ailurids. IUCN (World Conservation Union), Gland, Switzerland.
- Goldenberg, S., C.W. Landsea, A.M. Mestas – Núñez & W.M. Gray. 2001. The recent increase in Atlantic Hurricane Activity: Causes and implications. *Science* 293: 474-479.
- Goldman, E.A. 1950. Raccoons of North and Middle America. *North American Fauna* 60.
- Gompper, M.E., A.E. Petrites & R.L. Lyman. 2006. Cozumel Island fox (*Urocyon sp.*) dwarfism and possible divergence history based on subfossil bones. *Journal of Zoology* 270: 72–77.
- Gompper, M.E. 1995. *Nasua narica*. *Mammalian Species* 487.
- González-Baca, C.A. 2006. Ecología de forrajeo de la boa (*Boa constrictor*), un depredador introducido a la Isla Cozumel. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas UNAM. México.
- Gutierrez-Granados, G. 2003. Ecología de los ratones de Cozumel y su relación con el sotobosque. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas UNAM. México.
- Hamblin, N.L. 1984. *Animal Use by Cozumel Maya*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Harman, D. & H. Stain. 1979. The raccoon (*Procyon lotor*) on St. Catherines Island, Georgia 5. Winter, spring, and summer food habits. *American Museum Novitates* 2679: 1-24.
- Harrison, R.L. 1997. A comparison gray fox ecology between residential and undeveloped rural landscapes. *The Journal of Wildlife Management* 61(1): 112-122.

- Hockman, J.G. & J.A. Chapman. 1983. Comparative feeding habits of red foxes (*Vulpes vulpes*) and gray foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) in Maryland. *American Midland Naturalist* 110(2): 276-285.
- Instituto Nacional de Ecología-INE. 1998. Programa de manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo México. México DF.
- Jones, J.K. & T.E. Lawlor. 1965. Mammals from Isla Cozumel, Mexico, with description of a new species of harvest Mouse. *University of Kansas Publications Museum of Natural history* 16(3): 409-419.
- Karr, J.R. & K. Freemark. 1985. Disturbance and vertebrates: an integrative perspective. En: Pickett & White (Eds.) "The ecology of natural disturbance and patch dynamics". Academic Press, Inc.
- Kays, R.W. 1999. Food preferences of Kinkajous (*Potos flavus*): a frugivorous carnivore. *Journal of Mammalogy* 80: 589-599.
- Kiltie, R.A. 1981. Stomach contents of rain forest peccaries (*Tayassu tajacu* and *T. pecari*). *Biotropica* 13 (3): 234-236.
- Klinger, R. 2006. The interaction of disturbances and small mammal community dynamics in a lowland forest in Belize. *Journal of Animal Ecology* 75: 1227–1238.
- Kovacs, J.M., J. Malczewski & F. Flores-Verdugo. 2004. Examining local ecological knowledge of hurricane impacts in a mangrove forest using an Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach. *Journal of Coastal Research* 20 (3): 792–800.
- Kovacs, J.M., J. Wang & M. Blanco-Correa. 2001. Mapping Disturbances in a Mangrove Forest Using Multi-Date Landsat TM Imagery. *Environmental Management* 27 (5): 763–776.
- Kunin, W.E. 1997. Introduction: on the causes and consequences of rare-common differences. En: Kunin & Gaston (Eds.) "The biology of rarity". Chapman and Hall. London.
- Labisky, R.F., K.E. Miller, & C.S. Hartless. 1999. Effect of Hurricane Andrew on survival and movements of white-tailed deer in the Everglades. *Journal of Wildlife Management* 63:872-879.

- Langtimm, C.A. & C.A. Beck. 2003. Lower survival probabilities for adult Florida manatees in year with intense coastal storms. *Ecological Applications* 13(1): 257–268
- López, R.R., N. Silvy, R. Labisky & P. Frank. 2003. Hurricane impact on key deer in Florida Keys. *Journal of Wildlife Management* 67(2): 280-288.
- Lotze, J. & S. Anderson. 1979. *Procyon lotor*. *Mammalian Species* 119: 1-8
- Lynch, J. 1991. Effects of hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. *Biotropica* 23: 488-496.
- Mallin, M.A. & C. Corbett. 2006. How Hurricane Attributes Determine the Extent of Environmental Effects: Multiple Hurricanes and Different Coastal Systems. *Estuaries and Coasts* 29 (6A): 1046–1061.
- Martinez-Meyer, E., M. Martínez-Morales & J. Sosa-Escalante. 1998. First record of the kinkajou *Potos flavus* (Carnivora: Procyonidae), from Isla Cozumel, Quintana Roo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 43: 101-102.
- Martínez-Morales, M.A. & A.D. Cuarón, 1999. *Boa constrictor*, an introduced predator threatening the endemic fauna on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 8: 957–963.
- Martinez-Romero, L.E. & S. Mandujano. 1995. Hábitos alimentarios del pecari de collar (*Pecari tajacu*) en un bosque tropical caducifolio de Jalisco, México. *Acta Zoologica Mexicana* 64: 1-20.
- McBee, K. & R.J. Baker. 1982. *Dasypus novemcinctus*. *Mammalian Species* 162.
- McFadden, K.W. 2004. The ecology, evolution and natural history of the endangered carnivores of Cozumel Island, Mexico. Thesis of Doctor Philosophy. Columbia University.
- McFadden, K.W., R.N. Sambrotto, R.A. Medellín & M.E. Gompper. 2006. Feeding habits of endangered pygmy raccoons (*Procyon pygmaeus*) based on stable isotope and fecal analyses. *Journal of Mammalogy* 87 (3): 501-509.

- McFadden, K.W., S.E. Wade, E.J. Dubovi & M.E. Gompper. 2005. A serological and fecal parasitologic survey of the critically endangered pygmy raccoon (*Procyon pygmaeus*). *Journal of Wildlife Diseases* 41(3): 18-20.
- McKee, K.L. 1996. Mangrove Ecosystems: Definitions, distribution, zonation, forest structure, trophic structure, and ecological significance. En: Feller & Sitnik (Ed.) "Mangrove ecology workshop manual". Smithsonian Institution. Washington. DC.
- McKeever, S. 1958. Reproduction in the raccoon in the southeastern United States. *Journal of Wildlife Management*. 22:211.
- Michener, W.K., E.R. Blood, K.L. Bildstein, M.M. Brinson & L.R. Gardner. 1997. Climate change, hurricanes, and tropical storms, and rising sea level in coastal wetlands. *Ecological Applications* 7 (3): 770-801.
- Milton, K., J. Giacalone, S.J. Wright & G. Stockmayer. 2005. Do frugivore population fluctuations reflect fruit production? Evidence from Panama. En: Dew & Boubli (Eds.) "Tropical Fruits and Frugivores: The search for strong interactors". Springer. Netherlands.
- Morrison, L. 2002. Island biogeography and metapopulation dynamics of Bahamian ants. *Journal of Biogeography* 29: 387–394.
- Mugaas, J.N. & J. Steinsticker. 1993. Geographic variation of lean body mass and model of its effect on the capacity of the raccoon to fatten and fast. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History, Biological Science*. 36: 85-107.
- Mustelid Specialist Group 1996. *Procyon pygmaeus*. In: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 May 2007.
- Navarro, D.L. & M. Suárez. 1989. A survey of the pygmy raccoon (*Procyon pygmaeus*) of Cozumel, Mexico. *Mammalia* 3: 458–461.

- NOM-059-ECOL-1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.
- NOM-059-ECOL-2001. 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.
- Otis, D.L., K.P. Burnham, G.C. White & D.R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monograph* 72: 7-133.
- Pavelka, M.M. & A.M. Behie. 2005. The effect of hurricane Iris on the food supply of black howlers (*Alouatta pigra*) in Southern Belize. *Biotropica* 37: 102-108.
- Perdomo-Velázquez, H. 2006. Caminos como barreras para el movimiento de aves de cotobosque en la selva mediana subcaducifolia en la Isla Cozumel. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas UNAM. México.
- Pierson, E.D., W.E. Elmqvist, E. Rainey & P.A. Cox. 1996, Effects of tropical cyclonic storms on flying fox populations on the South Pacific islands of Samoa: *Conservation Biology* 10:438–451.
- Prange, S., S.D. Gehrt & E.P. Wiggers. 2004. Influences of anthropogenic resources on raccoon (*Procyon lotor*) movements and spatial distribution. *Journal of Mammalogy* 85: 483-490.
- Presley, S.M., T. Rainwater, G. Austin, S.G. Platt, J.C. Zak, G.C. Cobb, E.J. Marsland, K. Tian, Baohongzhang, T. Anderson, S.B. Cox, M.T. Abel, B.D. Leftwich, J.R. Huddleston, R.M. Jeter & R.J. Kendall. 2006. Assessment of pathogens and toxicants in New Orleans, LA following Hurricane Katrina. *Environmental Science & Technology* 40 (2): 468-474.

- Primack, R. 2001. Problemas de las poblaciones pequeñas. En: Primack et al. (Ed.) “Fundamentos de la Conservación Biológica” perspectivas latinoamericanas”. Fondo de Cultura Económica.
- Rathcke, B.J. 2001. Pollination and predation limit fruit set in a shrub, *Bourreria succulenta* (Boraginaceae), after Hurricanes on San Salvador Island, Bahamas. *Biotropica* 33(2): 330–338.
- Romero, I. 2004. Distribución, abundancia y uso de hábitat de *Boa constrictor* introducida a la Isla Cozumel. Tesis de Maestría. UNAM. México.
- Russell, J.K. 1982. Timing of reproduction by coatis (*Nasua narica*) in relation to fluctuation in food resources. En: E. G. Leigh (Ed.) Seasonal rhythms in a tropical forest ecosystem. Barro Colorado. Washington DC. Smithsonian Institution Press.
- Schulte-Hostedde, A.L., J.S. Millar & G. J. Hickling. 2001. Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal of Zoology*, 79:1021-1029.
- Sharp, W.M. & L.H. Sharp. 1956. Nocturnal movements and behavior of wild raccoons at a winter feeding station. *Journal of Mammalogy* 37:170-177.
- Sousa, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Sowls, L.K. 1983. *Tayassu tajacu*. En: Janzen (Ed.). “Costa Rican Natural History”. The University of Chicago. Chicago.
- Spiller, D., J. Losos & T. Schoener. 1998. Impact of catastrophic hurricane on island populations. *Science* 281: 695-697.
- Stevens, J., C. Nixon & J. Suver. 1995. Some Aspects Of Raccoon Life History, In Lee County, Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 88 (1-2): 49-59

- Swilling, W., M. Wooten, N. Holler & W. Lynn. 1998. Population dynamics of Alabama beach mice (*Peromyscus polionotus ammobates*) following hurricane Opal. *American Midland Naturalist* 140:287-298.
- Tanner, E.V.J., V. Kapos. & J.R. Healey. 1991. Hurricane Effects on Forest Ecosystems in the Caribbean. *Biotropica* 23: 513-521.
- Turk, F.J., G.J. Huffman, R. Joyce, C. Kidd. & R. Kuligowski. 2007. Evaluation of satellite-based estimates of precipitation in the Yucatan region during Hurricane Wilma. American Meteorological Society. <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/108948.pdf>
- Valenzuela, D. 2005a. Mapache Pigmeo o Enano, *Procyon pygmaeus* Merriam, 1901. Pp. 418. en: G. Ceballos y G. Oliva. (Coords.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica / CONABIO.
- Valenzuela, D. 2005b. Mapache, *Procyon lotor* (Linnaeus, 1766). Pp.:415-417. en: G. Ceballos y G. Oliva. (Coords.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica / CONABIO.
- Valenzuela, D. 1998. Natural history of the white-nosed coati, *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3: 26-44.
- Van Wieren, S.E., M. Wiersma & H. Prins. 2006. Climatic factors affecting a brown hare (*Lepus europaeus*) population. *Lutra* 49: 103-110.
- Villa, R.B. & F. Cervantes 2003. *Los mamíferos de México*. Grupo Editorial Iberoamérica e Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF.
- Waide, R. 1991. Summary of the response of animal populations to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23: 508-512.
- Webster, P.J., G.J. Holland, J.A. Curry & H.R. Chang. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309, 1844-1846.

Wenner, E. & L., DeLancey. 2004. Blue crab. State of South California's Coastal Resources.

South Carolina Department of Natural Resources.

Wetzel, R.M. 1983. *Dasytus novemcinctus* (cusuco armadillo). En: Janzen (Ed.). "Costa Rican Natural History". The University of Chicago. Chicago.

Whigham, D., I. Olmsted, I. Cabrera & M. Harmon. 1991. The impact of Hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatan Peninsula. *Biotropica* 23: 434-441.

Whittaker, R.J. 1998. *Island Biogeography: ecology, evolution, and conservation*. Oxford University Press, Oxford. Xi.

Widmer, O., S. Said, J. Miroir, P. Duncan, J. Gaillard & F. Klein. 2004. The effects of hurricane Lothar on habitat use of roe deer. *Forest Ecology and Management* 195: 237-242.

Wilcox, M. 2004. Blue Crab (*Callinectes sapidus*) Ecology: Review and Discussion Regarding Tisbury Great Pond. Water Resource Planner Martha's Vineyard Commission

Wunderle, J. & J. Mercado. 2004. Spatial ecology of Puerto Rican boas (*Epicrates inornatus*) in a hurricane impact forest. *Biotropica* 36: 555-571.

Wunderle, J.M., Jr. 1995. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to hurricane Hugo: the first 18 months. *The Condor* 97:379-396.