

# El Colegio de la Frontera Sur

Uso de hábitat por los carnívoros en una selva impactada  
por el Huracán Dean (2007)

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

María de la Luz Isabel Hernández Díaz

2010

Dedico la presente tesis  
A mi padre Marco Antonio Hernández Pinto  
A mi madre Rosaura Azalia Díaz Casados  
A mi hermano Isaac Hernández Díaz

Gracias por elegirme como hija y como hermana en esta vida.  
He aprendido mucho de ustedes. Los amo con todo mi ser.

*“Ustedes son la luz del mundo.... permitan que su luz brille ante los demás...”*

Mateo 5:14-16

## AGRADECIMIENTOS

A Sophie Calmé por haber aceptado ser mi directora de tesis. Gracias por su apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida académica. También por proporcionarme financiamiento y trampas-cámara necesarias para el trabajo en campo.

A Birgit Schmook por ser mi tutora y estar siempre al pendiente de mi desarrollo académico.

A Gerald Islebe por aceptar ser mi asesor. Gracias por sus enseñanzas.

A Cuauhtemoc Chávez por aceptar ser mi asesor externo. Muchísimas gracias por su asesoría en los análisis estadísticos.

A Pablo Ramírez por aceptar compartir sus datos de las trampas-cámara de su proyecto de doctorado y apoyo en financiamiento y logística de las salidas de campo.

A CONACYT por la beca de manutención que me permitió cursar la maestría.

A Holger Weissenberger por proporcionarme asesoría en los Sistemas de Información Geográfica.

A Yann Hénaut por la revisión del presente manuscrito.

A Marco Millones por su ayuda en el manejo e interpretación del mapa de daño a la vegetación por el huracán Dean del Proyecto EDGY.

A Fernando Colchero por proporcionarme el shape del mapa de uso de suelo y vegetación de su proyecto, cuya área de estudio coincidió con la mía.

A Alejandro Tuz Novelo y Margarito Tuz Novelo y familia por su ayuda y hospitalidad en las salidas de campo.

A José Gómez y Gabriela Zacarías por su excelente atención en la biblioteca.

A mis compañeros de ECOSUR por su apoyo, por las fiestas y las salidas a Bacalar.

A mi familia, a Alejandro Necochea y amigos por su cariño y apoyo a lo largo de mi vida académica y personal.

A Dante por su compañía mientras escribía la presente tesis.

El diseño de muestreo y datos usados en la presente tesis son compartidos con el proyecto de investigación que el M. en C. Pablo Ramírez Barajas realiza como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable en la Unidad Chetumal, Ecosur.

## INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Uso de hábitat	2
1.2 Disturbio: los huracanes	3
1.3 Carnívoros de la Península de Yucatán	5
1.4 Trampas-cámara	10
2. OBJETIVOS e HIPÓTESIS	12
3. MÉTODOS	14
3.1 Área de estudio	14
3.2 Sitios de muestreo	15
3.3 Trampas-cámara	17
3.4 Daño a la vegetación en cada estación	18
3.5 Análisis estadísticos	19
4. RESULTADOS	22
4.1 Daño estructural a los árboles por el huracán Dean (2007)	22
4.2 Carnívoros capturados y no capturados en el fototrampeo	23
4.3 Evaluación a resolución micro	24
4.4 Evaluación a resolución de 700 m, 1,700 m y 5, 100 m	25
4.5 Patrones de actividad	27
5. DISCUSIÓN	30
5.1 Validación del dEVI como medida del daño a la vegetación	30
5.2 Relaciones entre los carnívoros y las características del hábitat	30
5.3 Patrones de actividad	34
5.4 Carnívoros no capturados en el fototrampeo	35
6. CONCLUSIONES	37
7. LITERATURA CITADA	38
8. ANEXOS	47
Anexo1. Daño a la vegetación por el huracán Dean en el área de estudio	47
Anexo2. Uso de suelo y vegetación en el área de estudio	48
Anexo3. Artículo para la Revista Mexicana de Biodiversidad	50

## RESUMEN

Los carnívoros que habitan áreas forestales cercanas a la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an experimentaron el paso del huracán Dean en agosto de 2007. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de hábitat de los carnívoros respecto al daño en la vegetación, 18 meses después del evento. Se muestrearon cuatro sitios mediante fototrampeo con un esfuerzo de muestreo en promedio de 538 noches-trampa (NT) por sitio. El uso de hábitat se evaluó mediante la ocurrencia y abundancias relativas de los carnívoros y su relación con variables ambientales, relacionadas principalmente con la vegetación (tipos y daños) a cuatro granos de resolución de 0.50 km<sup>2</sup>, 1.5 km<sup>2</sup>, 9 km<sup>2</sup> y 81 km<sup>2</sup>. Los valores de daño a la vegetación fueron calculados como la diferencia (dEVI) del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) antes y después de que el huracán tocara tierra, mediante imágenes de satélite MODIS. El daño a cada resolución (dEVI) se estimó dentro de círculos alrededor de cada estación de fototrampeo. En la mayoría de las escalas las relaciones entre ocurrencias y abundancias relativas de las especies y el daño a la vegetación fueron poco o nada significativas, probablemente debido a su poca especificidad de hábitat.

Palabras clave: disturbio, fototrampeo, felino, coatí, Península de Yucatán.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Uso de hábitat

La palabra hábitat se ha utilizado en dos sentidos. El primero se refiere al tipo de lugar ocupado por una especie que contiene los recursos y condiciones necesarias para ocuparlo; en este sentido, el hábitat es específico del organismo (Garshelis, 2000). Así, cada especie prefiere lugares donde obtiene el balance óptimo entre consumir alimentos y la energía gastada para cazar o forrajear, reproducirse y encontrar y mantener un refugio (De la Rosa y Nocke, 2000). La segunda definición se refiere a un conjunto de características ambientales específicas, que en el caso de los animales terrestres, se refiere a una comunidad vegetal o tipo de cobertura (Garshelis, 2000). En esta segunda definición, el jaguar puede encontrarse tanto en selvas perennifolias, subcaducifolias e incluso manglares. Bajo este contexto, hábitat se referirá principalmente a la segunda definición, aunque ambas pueden converger.

El uso de hábitat se refiere, entonces, al grado en que diferentes tipos de asociaciones vegetales o tipos de cobertura son usadas (Garshelis, 2000). Dependiendo del número de tipos de hábitat usados, se habla de especies generalistas, especialistas, oportunistas y selectivos. Rosenzweig (1981) menciona que los dos primeros términos se refieren a la habilidad del fenotipo y los define de la siguiente manera: generalista es cualquier fenotipo cuya adecuación en un parche (o hábitat en este caso) sea igual al de otro parche. Un especialista tiene una mejor adecuación en un parche que en otro. Los dos últimos términos los refiere al comportamiento de los fenotipos: oportunista lo define como aquel organismo que usa los recursos a la misma proporción a la cual existen; mientras que selectivo lo define como aquel organismo que selecciona los recursos en proporciones diferentes de aquellas que se encuentran en el ambiente.

Se considera que el uso de hábitat es selectivo cuando el organismo hace elecciones en lugar de moverse al azar. Uno de los mecanismos para elegir un hábitat de otro es, por ejemplo, las relaciones de competencia o depredación. En un área geográfica donde habitan especies con requerimientos similares, la selección diferencial de hábitat es uno de los mecanismos que permite a las especies coexistir. Por otro lado,

la selección de hábitat puede estabilizar tanto depredación como competencia. Por ejemplo, se espera que las presas ocupen con mayor frecuencia un hábitat con menor riesgo de depredación de aquel hábitat donde las posibilidades de ser cazado son altas (Rosenzweig, 1981).

Las especies seleccionan diferentes componentes del hábitat a diferentes escalas espacio-temporales o seleccionan hábitats a diferentes escalas espaciales, según la actividad que realicen y el costo en su adecuación. Por ejemplo, los depredadores al moverse en áreas más amplias seleccionan el hábitat a escalas mayores que aquellas de sus presas (Mayor et al., 2009) y los recursos alimenticios son generalmente seleccionados a escalas espaciales finas, mientras que los patrones del paisaje a escalas más amplias influyen en el establecimiento de áreas de actividad (Boyce, 2006).

El estudio del hábitat es importante, puesto que la variación espacial y temporal en las condiciones del hábitat genera una presión selectiva fuerte, modificando abundancias relativas, relaciones entre las especies y la adecuación de los organismos (Johnson, 2007). Por ello, el estudio del uso de hábitat es central en el manejo y conservación de la vida silvestre, al identificar los hábitats críticos para la supervivencia de las especies, particularmente aquellas amenazadas o en peligro de extinción (Morris et al., 2008).

## **1.2 Disturbio: los huracanes**

La variabilidad ambiental se manifiesta en fluctuaciones climáticas periódicas como las estaciones y en eventos naturales de gran magnitud como incendios, inundaciones o huracanes (Simberloff, 1988). Estos eventos se pueden considerar como disturbios. Un disturbio es un evento discreto que interfiere con el funcionamiento de los ecosistemas, al afectar la estructura de comunidades y poblaciones y al generar cambios en la disponibilidad de recursos, así como en el ambiente físico. Uno de los resultados de los disturbios es que puede afectar las abundancias relativas de las especies. La presencia de disturbios en la dinámica de los ecosistemas se puede ver desde dos perspectivas distintas, ya sea que se les considere como excepciones o que sean considerados como parte de la dinámica de un sistema biológico sobre un



gradiente de frecuencia e intensidad de disturbios (Pickett y White, 1985). La intensidad de los efectos dependerá de cinco componentes propios de los disturbios, que son: 1) intensidad, 2) frecuencia, 3) duración, 4) escala espacial en la que se manifiesta el efecto del disturbio, y finalmente 5) puntos de interacción de la fuerza del disturbio con ciertos componentes del sistema, por ejemplo, el viento afecta más al dosel del bosque y la precipitación o lluvia interactúa más con el subsuelo al inundar ciertas áreas del relieve (Lugo, 2008; Pickett y White, 1985). Los huracanes son un ejemplo de disturbios intensos y estocásticos, que se caracterizan por ser eventos complejos involucrando lluvia, viento, baja presión atmosférica y que siguen una trayectoria. Dadas sus proporciones, los huracanes afectan todos los aspectos del funcionamiento de los ecosistemas a su paso (Lugo, 2008; Turner y Dale, 1998). En general, el mayor daño a la vegetación por un huracán se localiza sobre la trayectoria de éste y disminuye conforme aumenta la distancia al sitio ocupado por su trayectoria, aunque puede variar según el tipo de vegetación, la topografía y la resistencia de las especies en conjunto (Tanner et al., 1991). En el Caribe, los huracanes desempeñan un papel importante al modificar aspectos biológicos y ecológicos de la flora y fauna por ser relativamente comunes en esta región (Goldenberg et al., 2001; Walker et al., 1991).

Las modificaciones más inmediatas y más visibles provocadas por un huracán son cambios estructurales en los árboles como pérdida de follaje, ramas, rompimiento del tronco y exposición de raíces a la atmósfera (Ostertag et al., 2005; Sánchez e Islebe, 1999). Estos efectos se consideran como inmediatos durante los primeros tres años después del paso del huracán (Lugo, 2008). Estos daños estructurales son relevantes por alterar los patrones de floración y fructificación dentro del bosque, provocando una pérdida o disminución de recursos en flores y frutos para los animales polinizadores, nectarívoros, frugívoros, entre otras especies (Lugo, 2008; Wunderle, 1995). Por otro lado, una baja disponibilidad de alimento puede conducir a una menor tasa de fecundidad y sobrevivencia de las crías, como en el caso del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus seminolus*) después del paso del huracán Andrew (1992) en Florida (Labisky et al, 1999).

Entre los efectos indirectos de los huracanes sobre las especies animales se encuentran los que están relacionados con cambios en el uso de hábitat por

modificaciones en la disponibilidad de alimento debido a la alteración del hábitat. Se ha documentado la disminución en poblaciones de aves y murciélagos inmediatamente después del paso de un huracán, y el restablecimiento de sus poblaciones desde 10 meses a 2 años después a números anteriores al paso del huracán, indicando que la reducción de la población se debió a un movimiento de las aves o murciélagos en busca de alimento y su retorno meses después, en lugar de un incremento en la mortalidad (Gannon y Willig, 1994; Waide, 1991a).

Los disturbios pueden provocar, entonces, cambios en las abundancias relativas, lo cual altera las relaciones interespecíficas (Pickett y White, 1985; Sousa, 1984), como la relación depredador-presa. Wunderle et al. (2004), reportaron un incremento en frecuencia y distancia de los movimientos de la boa *Epicrates inornatus* después del Huracán George (1998) en las Montañas de Luquillo en Puerto Rico. Los autores comentan que este incremento era de esperarse porque las boas se movían de sitios muy dañados a sitios menos dañados en respuesta a cambios en la cobertura del follaje y la abundancia de su presa; de esta manera, el huracán alteró el microclima para las boas al defoliar a los árboles al mismo tiempo que removió flores, frutas, semillas y sustratos requeridos por sus presas. Las presas de las boas, como aves y ratas, pueden moverse de sitios muy dañados a sitios menos dañados o moverse entre parches de distinto grado de daño.

### **1.3 Carnívoros de la Península de Yucatán**

Existen cuatro familias del Orden Carnívora que habitan las selvas del neotrópico: Canidae, Felidae, Mustelidae y Procyonidae. La principal característica de estas especies es que su cráneo, músculos y dientes están diseñados para apresar y desgarrar la carne de sus presas, por eso la mayoría presenta caninos curvados y molares con superficies cortantes. El nombre se les asignó porque la mayoría se alimentan de carne (carnívoros); sin embargo, algunas especies dentro del orden son omnívoras, las cuales consumen una gran variedad de alimentos como insectos, frutas, semillas e incluso hojas. La mayoría de las especies son oportunistas y se encuentran en una gran variedad de hábitats, incluso algunas han prosperado en ambientes rurales o urbanos (De la Rosa y Nocke, 2000; Emmons, 1997).

Particularmente se han reportado las siguientes especies de carnívoros en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an ubicada en la Península de Yucatán (Pozo de la tijera y Escobedo-Cabrera, 1999):

- 1) Familia Canidae. *Urocyon cinereoargenteus* (zorra).
- 2) Familia Felidae., *Leopardus pardalis* (ocelote), *Leopardus wiedii* (tigrillo), *Panthera onca* (jaguar), *Puma concolor* (puma) y *Puma yagouaroundi* (jaguarundi).
- 3) Familia Mustelidae. *Conepatus semistriatus* (zorrillo), *Spilogale putorius* (zorrillo manchado), *Eira barbara* (cabeza de viejo), *Mustela frenata* (comadreja).
- 4) Familia Procyonidae. *Potos flavus* (martucha), *Nasua narica* (coatí), *Procyon lotor* (mapache).

Estas especies presentan relaciones de competencia y de depredación. El principio de exclusión competitiva dicta que dos especies que usan los mismos recursos no pueden existir en un mismo lugar, ya que generalmente la especie dominante desplazará a la subordinada (Hardin, 1960). Por lo tanto, su coexistencia es lograda por la repartición o uso diferencial de los recursos, disminuyendo así la competencia (Stiling, 1999), especialmente en las especies simpátricas como los felinos, cuyos hábitos son muy parecidos entre sí.

Entre los mecanismos de separación ecológica se encuentran: el uso diferencial de presas, del hábitat, de las horas de actividad y del espacio, evitándose mutuamente (Scognamillo et al., 2003). Por ejemplo, Emmons (1987) reportó que el jaguar, el puma y el ocelote pueden coexistir en la misma selva lluviosa de Perú gracias a cierta diferencia en el uso de hábitat y preferencia de presas. El jaguar usa hábitats con cuerpos de agua cercanos, mientras que el puma no los usa y además se mueven en direcciones distintas; el jaguar y el puma se alimentan de una mayor variedad de presas que el ocelote. Por otro lado, el ocelote y el jaguarundi coexisten en el Parque Nacional Kaa-lyá en Bolivia por un uso de diferentes horarios de actividad (Maffei et al., 2005; Maffei et al., 2007).

El uso diferencial de los recursos que permite la coexistencia entre las especies en un mismo hábitat está relacionado con las diferencias de tamaños corporales en los carnívoros (Kiltie, 1988). Por ejemplo, respecto a sus hábitos alimenticios, los felinos han sido clasificados como oportunistas, es decir, consumen presas en relación a su

abundancia, por lo que su dieta refleja encuentros fortuitos (Garla et al., 2001). Sin embargo, se ha documentado que el jaguar y el puma consumen comúnmente presas mayores a 1 kg. Por su parte, los felinos de tamaño mediano, como el ocelote, consumen mayormente presas menores a 1 kg, en particular donde coexisten con felinos más grandes (Emmons, 1987; Moreno et al., 2006).

Garla et al. (2001) estudiaron los hábitos alimenticios del jaguar en la selva lluviosa del sureste de Brasil y reportaron que 23.4% de las presas pesaban entre 1-3 kg, 40.5% entre 3-10 kg y el 27.7% pesó más de 10 kg. En la Reserva de la Biósfera Maya en Guatemala el traslape de la dieta de jaguares y pumas es bajo; aunque ambas especies consumen grandes presas como los pecarís (*Tayassu pecari* y *Tayassu tajacu*), así como temazates (*Mazama sp.*), las presas dominantes en el jaguar son presas de tamaño mediano, particularmente el armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y el coatí, mientras que las presas principales del puma son el venado (*Odocoileus virginianus*), el temazate y grandes roedores como el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y el cereque (*Dasyprocta punctata*) (Novack et al., 2005). En Calakmul, se ha reportado que el coatí constituye la presa más abundante del jaguar (45%), seguido por el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) (28%). En cambio, en los mismos sitios para el puma el tepezcuintle representó 16% de la dieta y el coatí 7% (Amin, 2004).

Los ocelotes se alimentan principalmente de presas de tamaño pequeño, que pueden constituir hasta el 89% de su dieta; entre dichas presas se encuentran pequeños roedores y ardillas (*Oryzomys sp.*, *Proechimys sp.*, *Sciurus sp.*), así como pequeñas aves, serpientes y lagartijas (Emmons, 1987). También se ha documentado su consumo de grandes roedores como el aguti (Moreno et al., 2006). El tigrillo es estrictamente carnívoro, se alimenta principalmente de pequeños mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos y huevos, que obtiene primordialmente sobre las ramas de los árboles por su naturaleza arborícola, aunque también puede cazar en el suelo (De Oliveira, 1998a).

El coatí y la zorra se consideran especies omnívoras, pues se alimentan de pequeños vertebrados, invertebrados, frutos y hojas (Aranda, 2000). Sin embargo, en el coatí la importancia de cada grupo de alimento varía marcadamente con la disponibilidad estacional y local. Por ejemplo, se ha reportado que el consumo de

artrópodos, como arácnidos, coleópteros y miriápodos, representa la mayor proporción de su dieta en la época de lluvia; mientras que las frutas dominan su dieta en la época de secas. Los pequeños vertebrados constituyen un porcentaje pequeño de su dieta (7% mamíferos, 6.5% reptiles, 1.4% aves) y son más consumidos en la época de secas que en la de lluvias (Valenzuela, 1998). En contraste, el zorrillo (*Conepatus semistriatus*) es una especie selectiva, pues es principalmente insectívora, aunque puede ocasionalmente consumir pequeños vertebrados y frutos (De la Rosa y Nocke, 2000).

Como ya se mencionó, los carnívoros son especies generalistas, pues se encuentran en gran variedad de hábitats. Por ejemplo, los felinos pueden encontrarse en distintos tipos de vegetación desde bosque tropical caducifolio, subcaducifolio, perennifolio, así como en bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosque de encinos hasta sabanas y manglares (Chávez, 2006; Murray y Gardner, 1997). Sin embargo, se les asocia a ciertos hábitats por su uso frecuente. El ocelote, por ejemplo, está fuertemente asociado a áreas de vegetación densa o con gran cobertura arbórea (Murray y Gardner, 1997). El jaguar es encontrado sobretodo en áreas con cobertura arbórea, fuentes de agua y abundancia de presas (Seymour, 1989), además que eligen principalmente parches de vegetación primaria o en buen estado de conservación (Colchero et al., 2005a). En contraste, el jaguarundi se asocia con hábitats de vegetación secundaria, bordes de bosques en potreros con gran cobertura arbustiva y es raro encontrarlo dentro de las selvas especialmente las perennifolias, aunque el acceso a parches con vegetación densa es importante para su existencia (De Oliveira, 1998b). Por otro lado, el coatí y el zorrillo son especies bastante generalistas, que se han adaptado incluso a fragmentos remanentes de selvas adyacentes a zonas rurales y urbanas; la zorra, a pesar de habitar en áreas con cobertura arbórea, también puede encontrarse en los bordes de las selvas y aventurarse a potreros (De la Rosa y Nocke, 2000).

Respecto al uso de las horas de actividad, los carnívoros exhiben una gran variedad de patrones de actividad. Los felinos se consideran especies principalmente nocturnas, a excepción del jaguarundi que es diurno (Maffei et al., 2007), pero pueden presentar actividad diurna y sobretodo crepuscular (Di Bitetti et al., 2006; Nuñez, 2006).

Los coatíes exhiben actividad principalmente diurna, aunque pueden estar activos en horas crepusculares y nocturnas, principalmente los machos (Valenzuela y Ceballos, 2000). El zorrillo y la zorra son principalmente nocturnos, aunque también pueden ser activos en horas diurnas y crepusculares (De la Rosa y Nocke, 2000; Sunquit, 1989).

Los carnívoros, en general, presentan densidades bajas por pertenecer a los escalones más altos de los niveles tróficos y sus áreas de actividad varían según la especie, el hábitat y la temporada (lluvias o secas). El área de actividad que abarca un jaguar puede extenderse de 40 a 142 km<sup>2</sup> (Chávez, 2006; Mendes y Chivers, 2007), mientras que el puma abarca de 83 a 133 km<sup>2</sup> en ambientes tropicales, y puede aumentar en la época de lluvia (Chávez, 2006; Nuñez, 2006). El ocelote presenta un área de actividad de 1.2 a 33 km<sup>2</sup> (Dillon y Kelly, 2008); el jaguarundi presenta áreas de actividad desde 6 hasta 100 km<sup>2</sup> (De Oliveira, 1998b; Maffei et al., 2007); y el tigrillo áreas de 10 a 16 km<sup>2</sup> (De Oliveira, 1998a). Por su parte, el coatí, la zorra y el zorrillo presentan áreas de actividad más pequeñas, gracias a su dieta omnívora. El coatí presenta un área de actividad anual de 3.8 km<sup>2</sup> en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (Valenzuela y Ceballos, 2000), aunque se han reportado áreas de 0.34 a 1.78 km<sup>2</sup> según pertenezca a un grupo o a machos solitarios (Gompper, 1995). La zorra presenta un área de 1.1 km<sup>2</sup> en el Área nacional recreativa Golden Gate en California, EUA (Riley, 2006), pero se ha registrado desde 0.75 hasta 6.53 km<sup>2</sup> (Fritzell y Haroldson, 1982); por último, en el zorrillo se han registrado áreas de actividad de 0.18 a 0.53 km<sup>2</sup> (Eisenberg y Redford, 1999).

Dados los requerimientos de la extensión y características del hábitat para que los individuos de algunas de las especies carnívoras puedan establecer áreas de actividad, se requiere de extensas áreas forestales, principalmente de vegetación primaria, para sostener sus poblaciones. Se ha documentado que los jaguares evitan los focos urbanos en un radio de 6 km y se mantienen generalmente a una distancia no menor de 4.3 km de las carreteras (Colchero et al., 2005a). En contraste, aunque el puma también requiere de bastante área, es más tolerante a la presencia humana que el jaguar, puede habitar en zonas con cierta densidad humana con la condición que disponga de escondites (Chávez, 2006). Por otro lado, aparentemente el jaguarundi es resistente a la fragmentación y a la destrucción del hábitat (Aranda, 1991).

## 1.4 Trampas-cámara

El método de trampas-cámara se basa en el uso de equipo fotográfico que se activa automáticamente cuando un animal al pasar frente a la cámara interrumpe, ya sea, un sensor de movimiento o un sensor térmico ó ambos. Es un método no invasivo que tiene la ventaja de obtener registros de individuos sin la necesidad de capturarlos físicamente y evitar el sesgo debido a diferentes observadores (Harmsen, 2006). Las trampas-cámara pueden estar activas durante las 24 horas del día por varios días, con la presencia humana mínima y se utilizan para obtener registros de animales crípticos, elusivos o de baja densidad, como las especies de felinos (Silver et al., 2004).

Los registros obtenidos de las trampas-cámara se emplean para: 1) confirmar la presencia de ciertas especies en un sitio dado; 2) estimar patrones de actividad gracias a que la trampa-cámara guarda la fecha y hora de la fotografía; 3) estimar abundancias relativas; 4) estimar áreas de actividad y 5) estimar la densidad absoluta, con el empleo de análisis de captura-recaptura (Maffei et al., 2002). Las dos últimas estimaciones requieren que sea posible la identificación individual, gracias, por ejemplo, a manchas en el pelaje, y que la tasa de captura sea alta (Wallace et al., 2003).

La estimación de las áreas de actividad y la densidad absoluta requieren un muestreo que es diseñado según dos supuestos principales en el manejo de trampas-cámara: El primero asume que la población es cerrada, es decir, que no hubo nacimientos, muertes o migración durante el muestreo; el segundo supone que todos los individuos dentro del área de muestreo tienen una probabilidad de captura mayor a cero (Karanth y Nichols, 1998). Ambos supuestos implican un arreglo particular de las trampas-cámara según la especie de interés, en su disposición temporal y espacial, respectivamente. Para respetar la suposición de una población cerrada se debe limitar la duración del muestreo. El segundo supuesto implica que al menos exista una trampa-cámara dentro del área de actividad de cada individuo en el área de muestreo, para ello se colocan las trampas-cámara con una distancia máxima entre ellas equivalente al diámetro del área de actividad conocida para la especie focal.

El método para estimar la densidad y tamaño poblacional usando trampas-cámara originalmente fue diseñado para el tigre (*Panthera tigris*) en varios hábitats de la India (Karanth y Nichols, 1998). Desde entonces, el uso de trampas-cámara ha tenido

gran aceptación en los estudios biológicos y ecológicos de varias especies, particularmente de aquellas con el pelaje moteado, como los felinos. Se han usado para estudiar el traslape espacial y temporal del jaguar con sus presas (Weckel et al., 2006), para determinar el área de actividad, tamaño poblacional y densidad del ocelote usando al mismo tiempo la radiotelemetría para comparar resultados (Dillon y Kelly, 2008) e incluso para determinar la densidad del puma en Bolivia, Argentina y Belice (Kelly et al., 2008).



## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### OBJETIVO GENERAL

Sobre la península de Yucatán cohabitan varias especies de carnívoros, especialmente notables los felinos por su situación de amenazados o en peligro de extinción. Dichas especies pudieron verse afectadas por el paso del Huracán Dean (2007) debido a la modificación de su hábitat, y probablemente a cambios en la disponibilidad de sus presas. El objetivo general de este trabajo es evaluar la relación entre el uso de hábitat de las especies pertenecientes al Orden Carnívora y el daño a la vegetación por el Huracán Dean.

### OBJETIVOS PARTICULARES

#### **Objetivo 1.**

Evaluar la relación entre la abundancia relativa y el daño a la vegetación por el Huracán Dean por grupo y para cada especie de carnívoros registrada.

**Hipótesis 1.a** No se espera una relación entre los carnívoros y la intensidad del daño, ya que las especies que integran al grupo de carnívoros responderán de manera diferencial.

**Hipótesis 1.b** No habrá una relación entre la abundancia relativa de felinos mayores y la intensidad del daño, ya que se espera que el puma y el jaguar respondan de manera diferente al daño de la vegetación.

**Hipótesis 1.c** La abundancia relativa de los felinos menores (ocelote y tigrillo) aumentará conforme disminuya el daño a la vegetación puesto que son sensibles a la alteración del hábitat.

**Hipótesis 1.d** Se obtendrá una mayor abundancia relativa del ocelote (*Leopardus pardalis*) conforme disminuya el daño a la vegetación puesto que es sensible a la alteración del hábitat.

**Hipótesis 1.e** Se obtendrá una mayor abundancia relativa del puma (*Puma concolor*) conforme aumente el daño a la vegetación puesto que aprovechará los recursos disponibles gracias a la disminución del jaguar y porque es tolerante a las perturbaciones.

**Hipótesis 1.f** No habrá una relación entre el número de registros del coatí, del zorrillo y de la zorra y el daño de la vegetación ya que son especies que se han adaptado a una gran variedad de hábitats.

## **Objetivo 2.**

Determinar los patrones de actividad para cada especie registrada.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en los ejidos de X-hazil y Felipe Carrillo Puerto, del municipio de Felipe Carrillo Puerto en el estado de Quintana Roo (Figura 1), que limitan al este con la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. El área presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas medias anuales entre 25 y 27°C y el total de precipitación anual oscila entre los 1,053 mm y los 1,253 mm (Orellana et al., 1999). El territorio del municipio pertenece a la unidad geomorfológica de las Planicies del Caribe y su principal sustrato geológico es la roca caliza. Predominan los litosoles asociados a rendzinas, luvisoles y suelos solonchak, que son suelos delgados, pedregosos, poco profundos y con poca materia orgánica (Orellana et al., 1999). La vegetación más característica del municipio es la selva mediana subperennifolia, que se caracteriza porque entre 25% y 50% de las especies pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca (Miranda, 1978; Islebe, 1998).

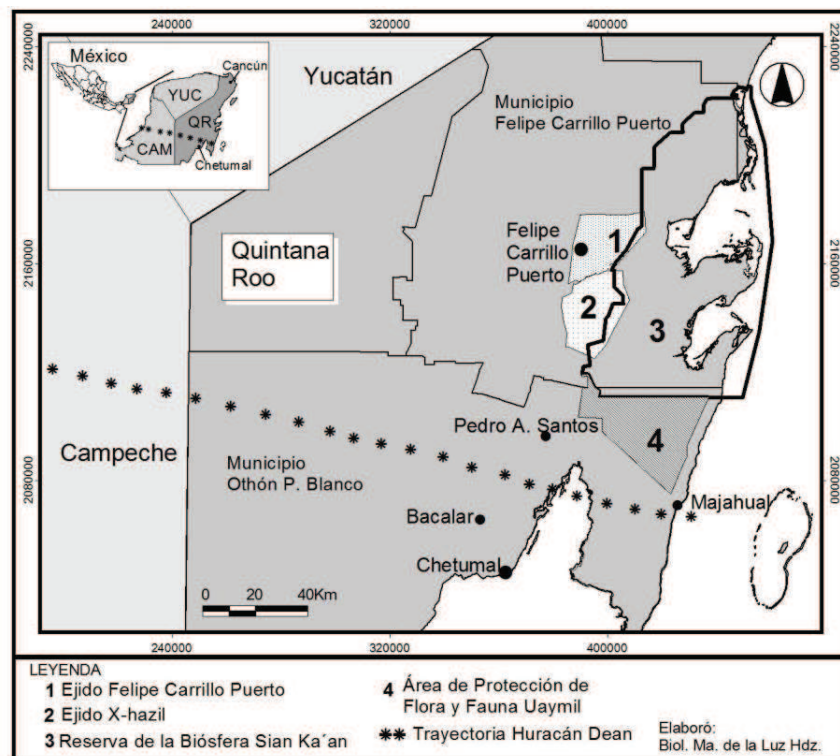


Figura 1. Localización del Ejido Felipe Carrillo Puerto y del Ejido X-hazil en el estado de Quintana Roo. El Huracán Dean entra a la Península de Yucatán cerca de Majahual y se desplaza hacia Campeche.

La Península de Yucatán experimentó el paso del Huracán Dean en el 2007. El Huracán Dean tocó tierra cerca de la localidad de Majahual alrededor de las 4:30 am el 21 de agosto del 2007 con vientos de 265 km/h, con una clasificación de Categoría 5 según la escala Saffir-Simpson (1-5; National Hurricane Center, 2008). Majahual se localiza en el municipio de Othón P. Blanco, municipio vecino de Felipe Carrillo Puerto hacia el sur. El ojo del huracán Dean pasó entre las localidades de Bacalar y Pedro A. Santos (Figura 1), a 90 km hacia el sur de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, donde más del 70% de los árboles perdieron ramas o se rompió su tronco. El huracán provocó daños estructurales en los árboles como pérdida de follaje, ramas, rompimiento de troncos y exposición de raíces (Matyas et al., 2008).

### **3.2 Sitios de muestreo**

Se eligieron cuatro sitios de muestreo en el área de estudio siguiendo una disposición de sur a norte (Figura 2), aproximadamente de manera perpendicular a la trayectoria del huracán Dean, ya que el daño disminuye de sur a norte en el área de estudio (Matyas et al., 2008). Cada sitio consiste en un grupo de tres transectos de 3 km de longitud aproximadamente, cada uno con orientación suroeste-noreste, excepto por los transectos del sitio 4 cuya orientación es de oeste-este debido al camino de acceso al sitio debido a que los transectos corren perpendiculares a estos caminos.

Para obtener una aproximación de los daños estructurales de los árboles provocados por el huracán Dean en cada uno de los cuatro sitios de muestreo elegidos se usó el siguiente método: se eligió un transecto al azar en cada sitio. Se contabilizaron los árboles con un diámetro a la altura del pecho mayor a 5 cm que tuvieran alguno de los siguientes daños causados por el huracán: ramas rotas, descopado, tronco roto, tronco inclinado con o sin raíces expuestas. Se realizó en diez bloques-transectos de 50 x 2 m sobre el transecto, espaciados entre ellos por 50 m. Posteriormente se obtuvieron los porcentajes de los árboles dañados y los porcentajes por cada tipo de daño en cada parcela.

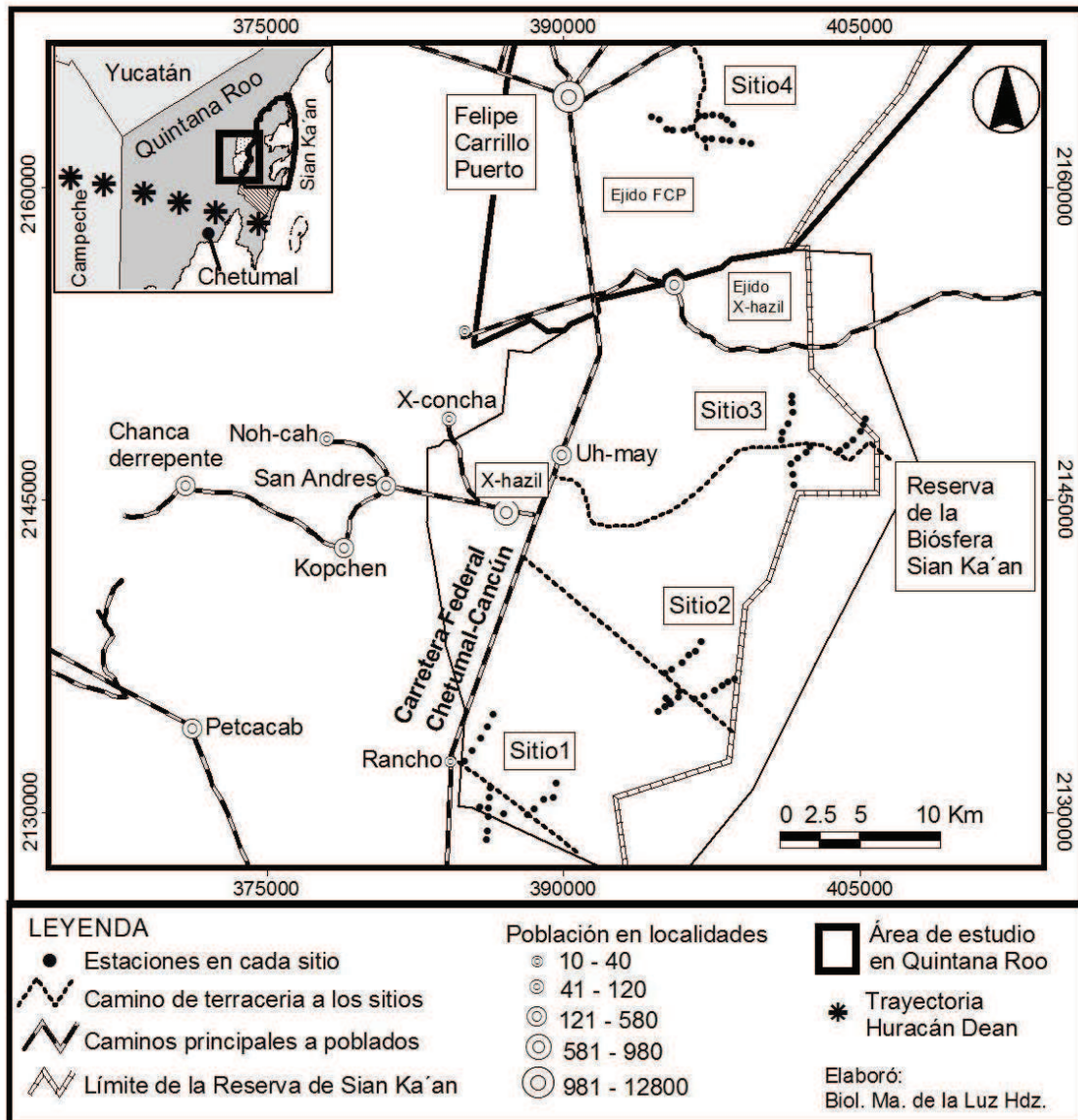


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo en el área de estudio.

### 3.3 Trampas-cámara

Las trampas-cámara se colocaron a lo largo de los transectos en puntos donde hubiera rastros de fauna para maximizar la captura de los organismos. La elección se hizo con ayuda de dos guías de campo quienes tienen experiencia en la cacería de subsistencia y reconocen los rastros de la fauna local. Cada punto donde se colocó una trampa-cámara se denomina estación y el período de días en el que están activas se denomina sesión de trampeo (Heilbrun et al., 2006; Wallace et al., 2003). Sobre los transectos, las estaciones se distanciaron  $500 \pm 128$  m entre sí, con una distancia mínima de 250 m y una máxima de 760 m. En cada sitio la sesión de trampeo duró  $32 \pm 2$  días y se ubicaron 18 a 19 estaciones (6 a 7 por transectos). Se obtuvo un esfuerzo de muestreo de  $538 \pm 48$  noches-trampa (NT) por sitio (Cuadro 1). Las noches-trampa se calculan al multiplicar el número de estaciones por la sesión de trampeo y substrayendo las noches de las trampas-cámara que no estuvieron activas (Kelly y Holub, 2008).

Cuadro 1. Esfuerzo de muestreo en cada sitio de muestreo.

Sitios	Sesión de trampeo	Estaciones (n)	Noches-trampa (NT)	Distancia entre estaciones (m)	
				Promedio ( $\bar{x}$ ),	Desviación estándar (s)
				$\bar{x}$	s
Sitio 1	26/02/09-28/03/09 30 días	18	467	621	124
Sitio 2	29/03/09- 02/05/09 35 días	19	573	439	128
Sitio 3	03/06/09- 05/07/09 33 días	18	559	466	89
Sitio 4	06/07/09- 06/08/09 32 días	18	552	450	111
Total	130 días	73	2151	494	128

Los registros fotográficos de una sola especie en un lapso de 24 horas en la misma estación se consideraron como un único evento, sin reconocer que las distintas fotografías pertenecieran a un solo individuo o a varios. Se utilizaron varios tipos de trampas-cámara de sensor térmico: digitales (Moultrie Modelo 160, Reconyx Modelos

Silent Image y RapidFire) y análogas (de rollo de 35mm: Leaf River Modelo Trail Scan C1). Las trampas-cámara se colocaron a 25 ó 30 cm del suelo y se revisaron aproximadamente a la mitad de la sesión de trampeo en cada sitio con el fin de revisar su funcionamiento y en caso de ser necesario cambiar pilas y rollo.

Se obtuvo el índice de abundancia relativa (IAR) por estación para: carnívoros en conjunto, felinos mayores (jaguar+puma), felinos menores (ocelote+tigrillo) y puma, ocelote y coatí. El IAR se calculó dividiendo el número de eventos entre el número de noches que estuvo activa la trampa-cámara y se expresó en número de capturas a 100 noches-trampa. El IAR de cada especie por sitio se expresó en número de capturas por 100 noches-trampa por unidad de superficie ( $100 \text{ km}^2$ ) para considerar diferencias en las distancias entre transectos entre los sitios. Para obtener el tamaño del área de muestreo abarcada en cada sitio, se fusionaron círculos de 2,500 m de radio proyectados alrededor de cada estación. Este valor fue elegido para que al fusionarse los círculos resulte un área de muestreo igual o superior al área de actividad promedio del jaguar registrada para Calakmul que es de  $50 \text{ km}^2$  (Chávez, 2006). En cada estación se registró el tipo de vegetación, y si ésta se encontraba o no sobre una brecha de terracería (4-6 m de ancho).

### **3.4 Daño a la vegetación en cada estación**

La evaluación de daño a la vegetación se realizó a partir de las diferencias (dEVI) del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) ocho días antes y dos semanas después de que el huracán tocara tierra, mediante imágenes de satélite MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). La Península de Yucatán resulta, por lo tanto, en un mosaico de celdas de  $0.11 \text{ km}^2$  de alto, medio y bajo daño (Rogan et al., 2010), donde las celdas de alto daño tienen los valores de dEVI más altos. Según esta clasificación, el área de muestreo abarcada en los sitios 1 y 3 es de daño medio, el sitio 2 de alto daño y el sitio 4 se encuentra en el límite de bajo daño a medio daño (Anexo1).

En cada estación se evaluó el daño a la vegetación a cuatro granos de resolución: a) micro ( $0.50 \text{ km}^2$ ) que consistió en promediar el valor de daño de la celda donde cayó la estación con las tres celdas más cercanas; y b) con áreas adicionales,



dibujando círculos alrededor de cada estación con radios de 700 m (1.5 km<sup>2</sup>), 1,700 m (9 km<sup>2</sup>) y 5,100 m (81 km<sup>2</sup>); ésta última sólo para evaluar a los felinos mayores. Los radios elegidos están basados en las áreas de actividad mínimas reportadas para las especies bajo estudio: ocelote, 700 m (Emmons, 1988); jaguar, 1,700 m (Rabinowitz y Nottingham, 1986); el radio 5,100 m es el radio del área de actividad anual registrada para los jaguares que habitan la Reserva de Calakmul (Chávez, com. pers.).

Se obtuvieron las siguientes variables por estación en cada uno de los círculos: 1) porcentajes de área ocupada respectivamente por celdas de alto daño, medio daño y bajo daño; 2) porcentajes de área ocupada respectivamente por vegetación secundaria, selva mediana y por otro tipo de vegetación (bajos y humedales); 3) porcentajes de área de zonas urbanas y agrícolas; 4) número de caminos y la suma total de la longitud de caminos (sólo a 700 m al contar con esta información). Los porcentajes de uso de suelo y tipo de vegetación se calcularon a partir de Colchero et al. 2005b (Anexo 2). La construcción de las áreas adicionales se realizó usando el programa Arc View GIS 3.2.

### **3.5 Análisis estadísticos**

Para evaluar si los sitios presentan el mismo porcentaje de árboles dañados, así como los mismos porcentajes en cada tipo de daño estructural, se utilizó un ANOVA de una vía (transformando los porcentajes con la función arcoseno). Para reconocer las medias que presentan diferencias significativas se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Resolución micro. Se utilizó una regresión logística binaria múltiple para relacionar la ocurrencia de los organismos con las siguientes variables independientes: el valor de daño micro, el tipo de vegetación y el tipo de localización de la estación (sobre brechas o no). El tipo de vegetación consistió de dos categorías: selva mediana y elementos puntuales del paisaje como rejolladas o tasistales (las rejolladas son concavidades del terreno que retienen humedad). Se realizó una prueba de bondad de ajuste (prueba de G) para las variables categóricas que resultaron significativas para evaluar si había diferencia significativa en las frecuencias de eventos entre sus respectivas categorías, considerando el esfuerzo de muestreo en cada categoría.



Segundo, se empleó la regresión lineal para relacionar el IAR con el daño micro de la vegetación como variable independiente.

Resolución a 700 m, 1,700 m y 5,100 m. Para evaluar la relación entre las características del hábitat en cada resolución y el IAR de los organismos se utilizó la regresión lineal múltiple. Después de realizar una prueba de correlación de rango de Spearman para verificar la colinearidad entre variables, se eligieron las siguientes variables independientes: porcentaje de área de daño medio, de daño alto, de vegetación secundaria y de selva mediana, respectivamente. A 5,100 m, también se incorporó el porcentaje de áreas de zonas urbanas y agrícolas. A 700 m se empleó adicionalmente el número de caminos. Las regresiones lineales se corrieron con los datos de las estaciones con un IAR mayor a cero.

Tanto en las regresiones logísticas como en las lineales se utilizó el método de regresión con pasos hacia atrás para determinar las variables significativas. Este método parte con todas las covariables y va eliminando del modelo aquellas sin significancia estadística. El criterio para incluir una variable en el modelo fue el siguiente: Una probabilidad de F de 0.05 para la entrada de la variable y de 0.10 para la salida. En todos los análisis los valores de daño se transformaron a logaritmo base 10 y los datos expresados en porcentaje se transformaron a arcoseno para asegurar la homocedasticidad de la varianza.

Para evaluar si los individuos de cada especie y grupo de especie diferenciaban activamente las estaciones en las resoluciones 700 m, 1,700 m y 5,100 m se empleó un análisis discriminante, en el cual se considero como variable de agrupación la ocurrencia de los organismos en cada estación. Se utilizaron como variables independientes: porcentaje de área de daño medio, de daño alto, de vegetación secundaria y de selva mediana respectivamente y, en el caso de las áreas adicionales de 5,100 m, el porcentaje de zonas urbanas y agrícolas.

Para determinar si las especies utilizan las diferentes áreas de daño en relación con su disponibilidad se empleó la técnica que utiliza el intervalo de Bonferroni (Byers et al., 1984). En las áreas de muestreo se calcularon las superficies ocupadas por celdas de alto, medio, y bajo daño. Los eventos de cada grupo o especie se ponderaron según el esfuerzo de muestreo en cada hábitat. La técnica consiste en comparar la proporción

de uso esperada contra la proporción de uso observada para determinar si la especie usa el hábitat más o menos de lo esperado según su disponibilidad: cuando la proporción esperada de uso no cae dentro del intervalo de Bonferroni existe un 95% de probabilidad de que el uso esperado y el observado difieran significativamente.

Por último, para determinar los picos de actividad de cada especie se agruparon los eventos fotográficos en intervalos de tres horas durante las 24 horas del día. Para la actividad nocturna las noches se dividieron por fase lunar con base en el porcentaje iluminado de la luna: luna nueva (0% iluminado), luna creciente (25%), cuarto (50%), gibosa (75%), llena (100%). Los eventos nocturnos se ponderaron según el esfuerzo de muestreo en cada fase lunar y se consideraron eventos nocturnos aquellos que ocurrieron entre las 19:00 hasta las 06:00 horas. Para determinar si existen diferencias significativas entre las especies en sus frecuencias de eventos por intervalos de horas y por fases lunares se utilizó un chi-cuadrado ( $X^2$ ).

Se utilizó un nivel de significancia al 0.05 en todas las pruebas. Las pruebas estadísticas se realizaron en los softwares STATGRAPHICS Plus 5.0 y SPSS 15.0.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Daño estructural a los árboles por el huracán Dean (2007)

El porcentaje de los árboles dañados entre los sitios es significativamente diferente (ANOVA  $F=31.05$ ,  $gl=39$ ,  $p<0.0001$ ; Figura 3). Los mayores daños se presentaron en el sitio 1 ( $39 \pm 16\%$  de árboles dañados), seguido por los sitios 2 y 3 (respectivamente  $21 \pm 10\%$  y  $14 \pm 10\%$ ; diferencia de rango de Duncan= $0.11$ ,  $p>0.05$ ) y el sitio 4 ( $0.54 \pm 2\%$ ). En este último sitio hubo daños en un solo árbol de una sola parcela, de un total de 184 árboles registrados. Por esta razón, se excluyó al sitio 4 de los análisis subsecuentes.

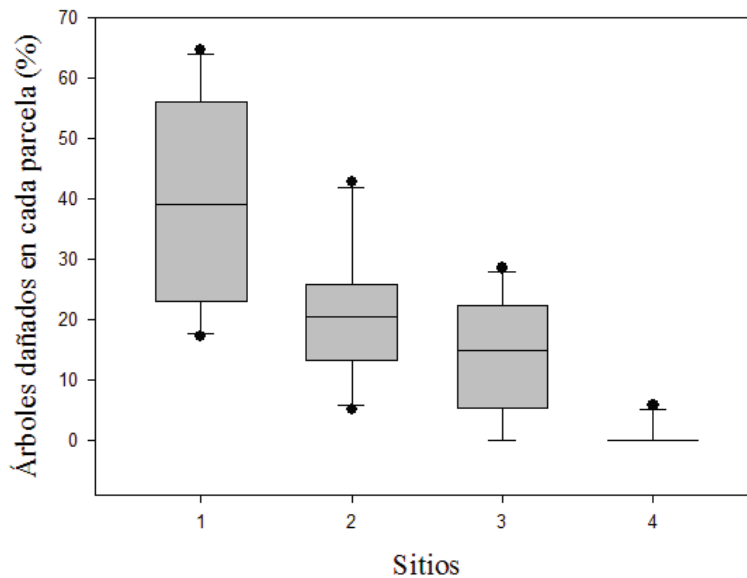


Figura 3. Porcentaje de los árboles dañados por parcela entre los sitios. Los daños corresponden a ramas rotas, árboles descopados, tronco roto e inclinados con o sin raíz expuesta.

Los tipos de daños difirieron significativamente entre los sitios (ramas rotas:  $F=4.35$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.023$ ; descopado o tronco roto:  $F=4.23$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.025$ ), a excepción de los porcentajes de árboles inclinados con o sin raíz expuesta ( $F=3.01$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.07$ ). El mayor daño de ramas rotas se presentó en los sitios 1 y 3 (respectivamente  $41 \pm 19\%$  y  $37 \pm 39\%$ ; diferencia de rango de Duncan= $0.08$ ,  $p>0.05$ ), seguidos por el sitio 2 ( $8 \pm 12\%$ ). El mayor número de árboles descopados o con tronco roto lo presentó el

sitio 2 ( $75 \pm 19\%$ ), seguido por los sitios 1 y 3 (respectivamente  $47 \pm 17\%$  y  $58 \pm 40\%$ ; diferencia de rango de  $D_{ucan}=0.08$ ,  $p>0.05$ ). En resumen, el sitio 2 presentó los mayores daños con árboles descopados, con troncos rotos e inclinados con o sin raíz expuesta ( $17 \pm 19\%$ ), mientras los sitios 1 y 3 fueron afectados principalmente con rompimiento de ramas. Los sitios 1 y 3 presentaron  $12 \pm 10\%$  y  $3 \pm 7\%$  de árboles inclinados, todos sin raíz expuesta, respectivamente.

#### 4.2 Carnívoros capturados y no capturados en el fototrampeo

En total se registraron 70 eventos independientes de las especies de carnívoros. La especie con el mayor número de eventos fue el coatí (*Nasua narica*) con 28 eventos, seguida del puma (*Puma concolor*) y del ocelote (*Leopardus pardalis*) con 13 y 11 eventos, respectivamente. El resto de las especies con registros fotográficos tuvieron menos de 7 eventos cada una: tigrillo (*Leopardus wiedii*), zorrillo (*Conepatus semistriatus*), jaguar (*Panthera onca*) y zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), ésta última con el menor número de eventos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de eventos y abundancia relativa de las especies fotocapturadas por sitio.

Sitio	Evento(n)	Grupos de especies y especies individuales									
		Carnívoros	Felinos mayores	Felinos menores	Tigrillo	Ocelote	Puma	Jaguar	Coatí	Zorrillo	Zorra
Sitio1	n	20	8	8	2	6	8	0	3	1	0
	IAR	5.86	2.34	2.34	0.58	1.75	2.34	0	0.87	0.29	0
Sitio2	n	14	3	2	1	1	1	2	7	2	0
	IAR	4.60	0.98	0.65	0.32	0.32	0.32	0.65	2.30	0.65	0
Sitio3	n	16	1	4	1	3	0	1	7	1	3
	IAR	4.61	0.28	1.15	0.28	0.86	0	0.28	2.01	0.28	0.86
Sitio4	n	20	5	3	2	1	4	1	11	1	0
	IAR	7.24	1.81	1.08	0.72	0.36	1.44	0.36	3.98	0.36	0
Total	n	70	17	17	6	11	13	4	28	5	3

IAR. Índice de abundancia relativa expresado en número de capturas por 100 noches-trampas por unidad de superficie ( $100 \text{ km}^2$ ).

Las especies documentadas con hábitos terrestres y semi-arborícolas para la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y de las cuales no se obtuvieron registros fotográficos en el presente estudio son las siguientes: en la Familia Felidae, *Puma*

*yagouaroundi* (jaguarundi); en la Familia Mustelidae, *Spilogale putorius* (zorrillo manchado), *Eira barbara* (cabeza de viejo) y *Mustela frenata* (comadreja); en la Familia Procyonidae, *Procyon lotor* (mapache).

### 4.3 Evaluación a resolución micro

A la resolución micro, sólo las ocurrencias de felinos mayores y del puma guardaron una relación significativa con las características del hábitat que se midieron (Cuadro 3). La ocurrencia de los felinos mayores se relacionó con el tipo de localización de la estación. Es decir, el hecho que las cámaras se ubicaran sobre brechas influye en la ocurrencia de los felinos mayores ( $G=7.72$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.006$ ). Se obtuvieron en proporción más ocurrencias de felinos mayores (89%) en brechas que al interior de la selva (11%). Por otro lado, la colocación de las trampas-cámara en elementos puntuales del paisaje como las rejolladas o tasistales influyó en la ocurrencia del puma ( $G=4.79$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.029$ ). En estos elementos se registraron en proporción más ocurrencias del puma (88%) que en la selva mediana (12%). Por otro lado, es notable que el IAR de ninguna especie o grupo de especies guardó una relación lineal significativa con la intensidad de daño micro.

Cuadro 3. Modelos significativos de regresión logística de la relación entre ocurrencia de las especies y las características de las estaciones a la resolución micro.

Grupo de especies o especies	Ocurrencia (n)	Variables independientes	P (Wald)	Ajuste del modelo (-2LL)	R <sup>2</sup> Cox y Snell	Clasificación correcta (%)	Parámetro estimado (B)
Felinos mayores	13	Localización	0.001	59.076	0.12	38.5	-2.474
Puma	10	Vegetación	0.001	49.798	0.11	30	-3.280

P. Significancia estadística asociada al índice de Wald, si su valor es menor a 0.05, la variable es incorporada al modelo.

-2LL. -2 log de la verosimilitud mide hasta qué punto un modelo se ajusta bien a los datos. El resultado de esta medición recibe también el nombre de "desviación". Cuanto más pequeño sea el valor, mejor será el ajuste.

R<sup>2</sup> de Cox y Snell es un coeficiente de determinación generalizado que se utiliza para estimar la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables independientes. Por ejemplo, 0.12 indica que sólo el 12% de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables incluidas en el modelo.

% correcto de presencias. Es el porcentaje de casos de presencias clasificados correctamente por el modelo.

#### 4.4 Evaluación a resolución de 700 m, 1,700 m y 5,100 m

A la resolución de 700 m, el IAR de los carnívoros y del ocelote aumentó significativamente con el número de brechas, mientras que el IAR del puma aumentó significativamente con el porcentaje de área de daño medio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Modelos significativos de regresión lineal de la relación entre el IAR de las especies y las características del hábitat a la resolución de 700 m.

Grupo de especies y especies	Variables independientes	n	Coefficientes de regresión (r)	P(r=0)	R	R <sup>2</sup>	P(R=0)	Pendiente
Carnívoros	Número de caminos	34	0.359	0.019	0.359	0.129	0.037	2.288
Ocelote	Número de caminos	9	0.725	0.014	0.725	0.526	0.027	2.044
Puma	% área de daño medio	10	0.686	0.014	0.686	0.471	0.028	5.527

Coeficientes de regresión. Coeficiente de correlación de Pearson si se incorpora una sola variable; si incorpora más de una variable son los coeficientes de regresión parcial de cada variable.

P. Significancia estadística asociada a la hipótesis nula de que coeficiente de regresión es igual a cero.

R. Coeficiente de correlación múltiple. Si el modelo incorpora una sola variable independiente el coeficiente es el valor absoluto de la correlación de Pearson.

R<sup>2</sup>. Coeficiente de determinación que expresa la proporción de varianza de la variable dependiente que está explicada por la o las variables independientes.

P(R=0). Significancia estadística asociada a la hipótesis nula (R=0) del ANOVA.

n. Número de datos empleados para generar el modelo.

A la resolución de 1,700 m, el IAR de los carnívoros aumentó de manera significativa con el porcentaje de área de daño medio. Por otro lado, los IAR del grupo de los felinos mayores y del coatí aumentaron significativamente con el porcentaje del área de vegetación secundaria. El IAR del puma, por su lado, disminuyó significativamente con el aumento de los porcentajes de área de daño alto y de selva mediana (Cuadro 5). A la resolución de 5,100 m, ninguna variable del hábitat tuvo una relación significativa con el IAR de los felinos mayores ni del puma.

Cuadro 5. Modelos significativos de regresión lineal de la relación entre el IAR de las especies y las características del hábitat a la resolución de 1,700 m.

Grupo de especies y especies	Variables independientes	n	Coeficientes de regresión (r)	P(r=0)	R	R <sup>2</sup>	P(R=0)	Pendiente
Carnívoros	% de área de daño medio	34	0.385	0.012	0.385	0.148	0.025	5.602
Felinos mayores	% de área de vegetación secundaria	13	0.687	0.005	0.687	0.472	0.009	53.245
Puma	% de área de daño alto	10	-1.817	0.010	0.807	0.652	0.025	-19.052
	% de área de selva mediana		-1.874	0.009				-88.573
Coatí	% de área de vegetación secundaria	18	0.552	0.009	0.552	0.304	0.018	61.170

Respecto a si los organismos utilizaban activamente las estaciones donde se registraron sus ocurrencias, no se logró determinar, ya que ninguna de las funciones discriminantes fue significativa para ninguno de los grupos y para ninguna de las resoluciones.

Según el intervalo de Bonferroni el puma usa las áreas de alto daño menos de lo esperado. El resto de las especies y grupos de especies usan las áreas de alto, medio y bajo daño según su disponibilidad (Cuadro 6). Por otro lado, no hubo ningún evento fotográfico de ninguna especie en ninguna de las estaciones instaladas en los bajos (selva baja), por lo que no se calculó el intervalo de Bonferroni para analizar el uso por tipo de vegetación.

Cuadro 6. Uso esperado y uso observado de los hábitats por tipo de daño por el puma.

Tipo de daño	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa	Uso esperado	Uso observado	Proporción de uso esperada (P <sub>e</sub> )	Proporción de uso observada (P <sub>o</sub> )	Intervalo de Bonferroni Hábitat usado más, menos o de acuerdo a disponibilidad
Alto daño	74	0.31	5.02	1.48	0.31	0.09	-0.08 ≤ P <sub>e</sub> ≤ 0.26 (P <sub>o</sub> < P <sub>e</sub> ) Menos de lo esperado
Medio daño	111	0.46	7.54	11.67	0.46	0.72	0.45 ≤ P <sub>e</sub> ≤ 0.98 (P <sub>o</sub> = P <sub>e</sub> ) Según su disponibilidad
Bajo daño	54	0.22	3.67	3.08	0.22	0.19	-0.08 ≤ P <sub>e</sub> ≤ 0.26 (P <sub>o</sub> = P <sub>e</sub> ) Según su disponibilidad
TOTAL	239	1.00	16.23	16.23	1.00	1.00	

#### 4.5 Patrones de actividad

Las especies de carnívoros presentaron eventos tanto diurnos, nocturnos como crepusculares (Cuadro 7) y hubo diferencias significativas entre ellas en sus frecuencias de eventos por intervalos de tres horas durante las 24 horas ( $X^2=66.8$ ,  $gl=42$ ,  $p=0.009$ ) y en sus frecuencias de eventos por fases lunares para aquellas especies con hábitos nocturnos ( $X^2=31.1$ ,  $gl=12$ ,  $p=0.002$ ).

Cuadro 7. Porcentaje de eventos fotográficos en intervalos de tres horas en cada especie.

Especie	Intervalos de cada tres horas durante las 24 hrs.								n
	2-5	5-8	8-11	11-14	14-17	17-20	20-23	23-2	
Jaguar	25	0	0	0	25	<u>50</u>	0	0	4
Puma	0	0	23	8	15	23	0	<u>31</u>	13
Ocelote	9	18	9	0	0	18	<u>36</u>	9	11
Tigrillo	17	17	0	17	0	0	17	<u>33</u>	6
Coatí	0	21	18	<u>29</u>	14	18	0	0	28
Zorrillo	<u>40</u>	0	0	0	0	0	20	<u>40</u>	5
Zorra	0	33	33	0	0	0	33	0	3

Se muestran los picos de actividad subrayados.

El jaguar mostró un pico de actividad de 17:00-19:00; el puma, de 23:00- 01:00 horas, aunque presentó la mayoría durante horas diurnas en conjunto; el ocelote y el tigrillo, de 20:00-22:00 y de 23:00-01:00, respectivamente, con la mayoría de los eventos nocturnos. El coatí exhibe únicamente comportamiento diurno y crepuscular con un pico de actividad de 11:00-13:00 horas. El zorrillo exhibe un comportamiento



exclusivamente nocturno. Por su parte, la zorra no presentó un patrón definido (Cuadro 7; Figura 4).

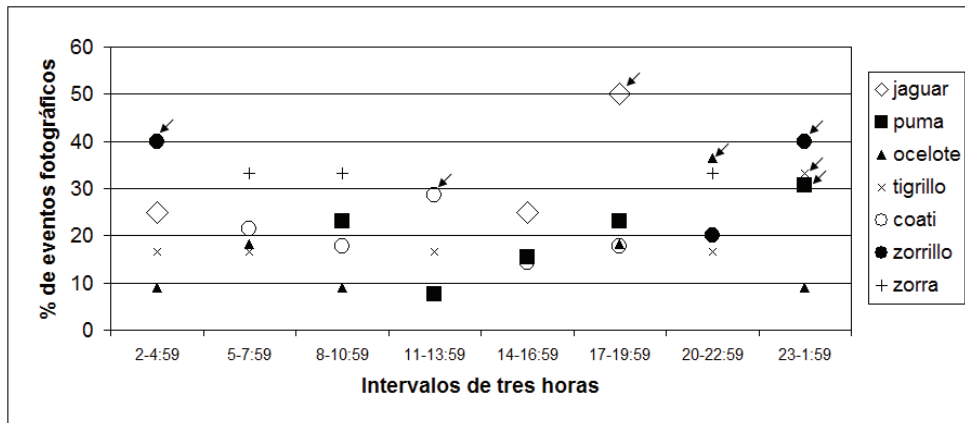


Figura 4. Porcentaje de eventos fotográficos en intervalos de tres horas en cada especie. Se señalan los picos de actividad con una flecha.

Para el número de eventos nocturnos totales de cada especie, sólo se agruparon los eventos por fases lunares del puma, ocelote, tigrillo y zorrillo. Los felinos presentaron eventos en casi todas las fases lunares, excepto en luna nueva para el puma y el tigrillo, y en luna llena para el ocelote. El zorrillo no presentó eventos en luna nueva y luna llena. El mayor porcentaje de los eventos del puma fue en luna creciente (38%); del ocelote, en luna nueva (43%); del tigrillo, en luna llena (52%). El zorrillo presentó el mayor porcentaje de eventos nocturnos en la fase lunar gibosa (56%), en la cual la luna presenta el 75% de su área iluminada (Cuadro 8; Figura 5).

Cuadro 8. Porcentaje de eventos fotográficos por fase lunar y por especie.

Especie	Fase lunar					n absolutos	n ponderados
	nueva	creciente	cuarto	gibosa	llena		
Puma	0	<u>38</u>	16	24	22	7	13
Ocelote	<u>43</u>	24	10	23	0	9	21
Tigrillo	0	15	19	14	<u>52</u>	5	11
Zorrillo	0	19	25	<u>56</u>	0	5	9

n ponderados = eventos calculados después de considerar el esfuerzo de muestreo en cada fase lunar. Se subrayan las fases lunares con mayor porcentaje de eventos por especie

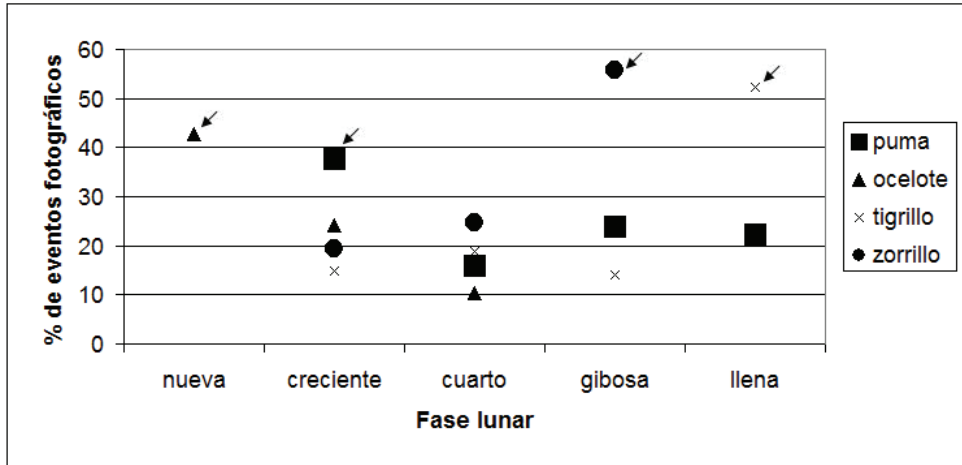


Figura 5. Porcentaje de eventos fotográficos en cada fase lunar por especie. Se señalan los picos de actividad con una flecha.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Validación del dEVI como medida del daño a la vegetación

La evaluación de daño estructural a los árboles y la evaluación de la intensidad de daño con el dEVI son similares entre sí. Tanto el porcentaje de árboles dañados en las parcelas como la intensidad de daño en las celdas por diferencias en el índice dEVI mostraron la misma tendencia general: el daño a la vegetación disminuyó de sur a norte, aproximadamente perpendicular a la trayectoria del huracán, que fue de este a oeste ligeramente inclinado hacia el norte (Matyas et al. 2008). El sitio 4 fue claramente de bajo a nulo daño en ambas evaluaciones, en campo y por el dEVI. Al contrario, el sitio 2 fue el de mayor daño con ambos métodos, lo que en campo se vio reflejado en que tres cuartos de los árboles dañados resultaron descopados, con tronco roto o desenraizados (Lugo, 2008). También, el hecho de que los sitios 1 y 3 resulten de daño medio en el mapa de daño se reflejó en que ambos sitios presentaron mayormente daños del tipo pérdida de ramas. El grado de daño a la vegetación está en función de la arquitectura del árbol, la topografía, la composición de especies y el tipo de suelo (Putz et al., 1983; Tanner et al., 1991). El Índice EVI puede detectar variaciones estructurales en el índice de área foliar, tipo y arquitectura del dosel y fisonomía de la planta (Waring et al., 2006). El Índice EVI puede ser sensible en las áreas con alta densidad de biomasa vegetal y tener un menor sesgo provocado por el suelo y las condiciones atmosféricas (Waring et al., 2006; Earth Observatory, 2009); por lo tanto, su empleo reflejó de manera certera el daño estructural que el huracán Dean provocó en los árboles.

### 5.2 Relaciones entre los carnívoros y las características del hábitat

A la resolución micro, el daño a la vegetación no presentó una relación significativa con la abundancia relativa de ninguna especie o grupo de especies de carnívoros, probablemente porque la mayoría de los carnívoros se mueven a escalas espaciales mayores que los 0.50 km<sup>2</sup> (De Oliveira, 1998a; Dillon y Kelly, 2008; Nuñez, 2006; Valenzuela y Ceballos, 2000). El zorrillo es el único con áreas de actividad equiparables a la resolución micro, y que potencialmente debido a sus hábitos alimentarios podría beneficiarse de la perturbación creada, por el incremento de

insectos que busca entre la hojarasca, después del paso de un huracán debido a la acumulación de materia orgánica en el suelo (Waide, 1991b). En otros animales, como murciélagos y aves, se ha reportado que las especies insectívoras y omnívoras son más resistentes a las modificaciones del hábitat por huracanes que las especies frugívoras y nectarívoras (Gannon y Willig, 1994; Jones et al., 2001; Waide, 1991a). No obstante, la baja muestra del zorrillo en este estudio no permitió un análisis entre el daño de la vegetación y su abundancia relativa.

La presencia de brechas o caminos y de elementos puntuales del paisaje como rejolladas o tasital fueron factores importantes en la ocurrencia de los carnívoros a resolución micro y de 700 m, principalmente de los felinos mayores, ya que son usados frecuentemente por éstos. El uso frecuente de los caminos, como brechas y terracerías, por los felinos mayores ya ha sido discutido por otros autores (Di Bitetti et al., 2006; Maffei et al., 2002; Weckel et al., 2006). Weckel et al. (2006) señalan que seguramente los felinos usan los caminos por la misma razón que nosotros los usamos, para desplazarse más rápido y con menos gasto de energía por el terreno, mientras que el resto de las especies de carnívoros no los usan de manera frecuente por el hecho de que aumenten la probabilidad de encontrarse con un competidor o un posible depredador. Cierta densidad de caminos posiblemente favorezca a los felinos pues al recorrer más terreno en menos tiempo aumenten la probabilidad de un encuentro con una presa, especialmente cuando los recursos disminuyen (Dillon y Kelly, 2007). Por otro lado, las rejolladas al ser concavidades naturales del terreno presentan, a diferencia del resto de la superficie, menor elevación, suelos más profundos y mayor retención de humedad, por lo que el suelo queda lodoso y retiene el agua (Sánchez, 1987). Lugares con mayor humedad pueden presentar potencialmente una mayor disponibilidad de presas (Nuñez, 2006).

El puma muestra una tendencia a usar más las áreas de daño medio y menos las áreas de daño alto, probablemente para disminuir la competencia con el jaguar. El jaguar al ser la especie dominante (López-González y González-Romero, 1998) obliga al puma a usar áreas de medio daño, pues el sitio 2 que fue de alto daño presentó una mayor biomasa de presas (148 kg/100 NT) y registró la mayor tasa de captura del jaguar a comparación del sitio 1 de mediano daño que presentó una menor biomasa de

presas (74 kg/100 NT) y registró la mayor tasa de captura del puma (2.34/100 NT). Los venados, presas comunes a éstos carnívoros, se benefician de áreas de alto daño ya sea por un aumento en la productividad de pastos y árboles que se benefician por la entrada de luz en los claros provocados por el huracán (Storms et al., 2006) o por una alta disponibilidad de su alimento que se encontraba en altas cantidades en la copa de los árboles caídos (Widmer et al., 2004).

Ciertas características ecológicas de los animales les permiten enfrentar los cambios en su hábitat provocados por disturbios. En el caso de los carnívoros, la relación débil o no detectada entre sus abundancias relativas y el daño a la vegetación por el huracán Dean puede deberse a dos de sus características ecológicas: su poca especificidad de hábitat y su conducta de forrajeo oportunista (De la Rosa y Nocke, 2000). Los carnívoros son a menudo considerados generalistas por su gran capacidad de adaptación a diferentes hábitats e incluso, algunos han llegado a adaptarse a lugares habitados por los humanos. Además de su poca especificidad de hábitat, la mayoría de los carnívoros son oportunistas (Garla y Setz, 2001) y algunos son omnívoros (Valenzuela, 1998) por lo que modifican su dieta sin la necesidad de trasladarse a otro sitio. En otro tipo de mamíferos, como los primates, que también son omnívoros, se ha reportado que han simplificado su dieta a componentes alimenticios que eran menos comunes en su dieta antes del paso de un huracán (mono aullador *Alouatta pigra* Pavelka y Behie, 2005) y un tifón (macacos *Macaca fuscata*: Tsuji y Takatsuki, 2008) como respuesta a la baja disponibilidad de los alimentos que consumían frecuentemente antes del disturbio, incluso en los macacos se reportó que acortaron su tiempo y distancia de movimientos diarios después del tifón. En el caso de los carnívoros, si las abundancias relativas y densidades de sus presas fueron afectadas por el daño a la vegetación debido al huracán y los carnívoros hayan recurrido a cambios en la dieta ajustándose a la nueva disponibilidad de presas, entonces el efecto del huracán no se notaría en diferencias en las abundancias relativas de los carnívoros de manera espacial, sino en diferencias en la dieta antes y después del huracán. Dado que los carnívoros históricamente han estado sometidos al paso de huracanes, ya que en la región se calcula que este tipo de eventos ocurre cada 4 años (Faller-Menéndez et al., 2005), pueden presentar respuestas diferenciales a los

cambios estructurales del hábitat, ya sea de forma conductual o ecológica, que no pudieron ser registradas por el tiempo ó el tipo de muestreo.

Por otro lado, el área de estudio es relativamente homogénea en cuanto a daño del huracán, pues a la resolución de 5,100 m toda el área de estudio corresponde a daño medio. Esto puede ser una razón por la que no se detectó una relación fuerte entre la abundancia relativa de los carnívoros y el daño a la vegetación. En este caso, si el huracán afecta las abundancias relativas de los carnívoros, esto se detectaría al comparar un área donde domine el daño alto con un área donde casi no haya sido dañada la vegetación. A escala del daño del huracán, estos sitios están distanciados de 70 a 100 km, mientras que los sitios del presente estudio están distanciados en promedio 10 km entre sí.

A 1,700 m los felinos mayores y el coatí aumentan su abundancia relativa conforme aumenta el porcentaje de área de vegetación secundaria, lo que indica que son especies tolerantes a este tipo de vegetación, aunque estas áreas no son parches dominantes en los círculos a esta resolución, pues representan de 1 a 4% del área total de éstas. El puma es el que marca la tendencia a usar áreas con parches de vegetación secundaria en los felinos mayores, pues la mayoría de los datos son del puma y sus mayores tasas de captura se registraron en el sitio 1 (2.34/100 NT) y el sitio 4 (1.44/100 NT), sitios en los que aumenta la presencia de parches de vegetación secundaria por estar ubicados cerca de áreas transitadas (carretera federal a Cancún) o pobladas por los humanos (Felipe Carrillo Puerto). Esto refleja el hecho de que el puma es más tolerante a la presencia humana que el jaguar (Colchero et al., 2005a; Chávez, 2006), pues en contraste, la mayor tasa de captura del jaguar se registró en el sitio 2 (0.65/100 NT) un sitio menos frecuentado por los humanos. Además de la presencia humana, las relaciones de competencia pueden ayudar a explicar la abundancia relativa de las especies en el área de estudio: en el caso del ocelote, sus tasas de captura más altas se registraron en los sitios donde uno de los felinos mayores no se detectó (sitio 1 y 3).

Por otro lado, es importante distinguir entre intensidad y severidad de un disturbio (Sousa, 1984; Pickett y White, 1985). Por ejemplo, el mapa de daño brinda información objetiva sobre la intensidad del daño del huracán que se basó en cambios sobre un aspecto del sistema (principalmente en cambios en el área foliar), pero la

severidad está en función de la magnitud del estrés puesto en los organismos según cada intensidad. Un organismo puede percibir el daño de manera muy diferente o incluso percibir ningún daño de acuerdo a sus hábitos y a la escala que realice cada una de sus actividades. Es una posibilidad que los carnívoros no detecten el daño de la misma manera a cómo está construido en el mapa, sino en otros aspectos de su biología o ecología, que no fueron medidos en el presente trabajo.

Finalmente, una razón por la cual este estudio no detectó una relación fuerte entre el IAR de los carnívoros y los daños a la vegetación causados por el huracán Dean es el bajo tamaño de muestra. Una modificación al diseño de muestreo sería aumentar la duración de la sesión de trampeo a 60 o incluso 90 días (Kelly y Holub, 2008), para observar si se obtienen recapturas de los individuos.

### **5.3 Patrones de actividad**

En general, los patrones de actividad determinados en el presente trabajo ya han sido ampliamente documentados en trabajos posteriores (Maffei et al., 2005; Scognamillo et al., 2003; Weckel et al., 2006). Los picos de actividad fueron en general diferentes entre las especies, así como, en el porcentaje de eventos en diferentes fases lunares para las especies con actividad nocturna, lo cual indica que existe una separación ecológica en el uso de los horarios para disminuir la competencia y se logró registrar a pesar de la poca cantidad de datos.

Los picos de actividad registrados para el jaguar y el puma suceden en horas crepusculares y abarcan las mismas horas que lo reportado por Nuñez (2006), donde los picos de actividad para el jaguar y el puma son entre las 2:00– 6:00 horas y entre las 18:00- 22:00 horas, en una selva baja caducifolia en la costa de Jalisco; y por Crawshaw y Quigley (1991), para el jaguar, donde el pico de actividad es entre las 18:00 y 20:00 horas. Se ha reportado que el jaguar y el puma son especies crepusculares y nocturnas (Scognamillo et al., 2003), aunque Crawshaw y Quigley (1991) reportaron que el jaguar presentó mayor actividad diurna, aunque tuvo un pico de actividad crepuscular.

Los picos de actividad registrados para el ocelote, el tigrillo y el coatí son similares a lo reportado en otros estudios, donde los picos de actividad para el ocelote

han sido entre las 20:00- 22 horas y las 6:00- 7:00 horas (Di Bitetti et al., 2006; Maffei et al., 2005), para el tigrillo entre las 1:00- 3:00 horas (Konecny, 1989) y para el coatí entre las 10:00- 11:00 horas (Valenzuela y Ceballos, 2000).

La baja muestra del zorrillo y de la zorra no permite que surja un pico de actividad definido. El zorrillo mostró actividad únicamente durante la noche, aunque también puede presentar actividad diurna (De la Rosa y Nocke, 2000). Se ha reportado que la zorra presenta en algunos lugares más actividad diurna y en otros, más actividad nocturna, aunque recorre mayores distancias durante la noche que en el día (Fritzell y Haroldson, 1982).

En cuanto a la actividad nocturna, se ha reportado que los ocelotes se mantienen activos en todas las fases lunares (Murray y Gardner, 1997), lo que contrasta con el presente estudio pues no se registró ningún evento de ocelote en luna llena. Esto puede deberse a que los ocelotes, a pesar de ser cazadores visuales, pues los felinos presentan un sentido olfativo poco desarrollado (Kitchener, 1991), tienden a pasar más tiempo en hábitats con mayor cobertura arbórea durante luna llena buscando presas escondidas que en lugares abiertos como los senderos (Emmons et al. 1989). Por su parte, el tigrillo presentó mayor porcentaje de eventos en luna llena y en otros estudios, se ha reportado que presenta la misma actividad en todas las fases lunares (Konecny, 1989).

#### **5.4 Carnívoros no capturados en el fototrampeo.**

En el presente estudio no se fotocapturaron todas las especies de carnívoros registradas para el área (Pozo de la tijera y Escobedo-Cabrera, 1999) y puede deberse a una serie de factores como los hábitos semi-arborícolas y una baja densidad de las especies no capturadas, a la falta de colocación de trampas-cámara en ciertos tipos de hábitat que frecuentan y posiblemente al esfuerzo de muestreo. Los hábitos de cabeza de viejo (*Eira barbara*) son semi-arborícolas al consumir alimentos en su mayoría arbóreos y construye su madriguera comúnmente en árboles huecos, aunque se mueve ágilmente tanto en el suelo como en los árboles (Presley, 2000). Ninguna trampa-cámara se colocó en parches de vegetación secundaria o áreas cercanas a campos de cultivo o potreros, tipos de vegetación con los cuales se les asocia las siguientes



especies no capturadas: comadreja (*Mustela frenata*) (Sheffield y Thomas, 1997); jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) (De Oliveira, 1998b); zorrillo manchado (*Spilogale putorius*) (Cuarón et al., 2008). Por último, el mapache (*Procyon lotor*) también puede encontrarse en los árboles y aunque se presenta en una gran variedad de hábitats (Lotze y Anderson, 1979) se le asocia con cuerpos de agua (Emmons, 1997),

Otro factor que impidió la captura de todas las especies de carnívoros con hábitos terrestres y semi-arborícolas fue el esfuerzo de muestreo. Carbone et al. (2001) han indicado que un esfuerzo mínimo de muestreo de 1000 noches-trampa es necesario para asegurar que animales crípticos y de baja densidad estén ausentes en el área. En el presente trabajo el esfuerzo de muestreo fue aproximadamente la mitad de lo indicado en cada sitio, lo que sugiere que para investigaciones posteriores cuya especie de interés sea alguna de las no capturadas en en la presente área de estudio el número de trampas-cámara y los días en que estén activas debe ser mayor.

## 6. CONCLUSIONES

- Existe una tendencia a existir mayor abundancia relativa de las especies de carnívoros en las áreas con menor daño a la vegetación por el huracán Dean, sin embargo esta relación es débil o no se detectó en la mayoría de las resoluciones. El tipo de vegetación, las relaciones de competencia entre las especies y la presencia humana pueden tener más peso en explicar la abundancia relativa de las especies de carnívoros en el área de estudio que el daño a la vegetación por el huracán Dean.
- Los picos de actividad fueron en general diferentes entre las especies, así como, en el porcentaje de eventos en diferentes fases lunares para las especies con actividad nocturna. Lo cual indica que existe una separación ecológica en el uso de los horarios para disminuir la competencia y se logró registrar a pesar de la poca cantidad de datos.
- Se requiere un esfuerzo de muestreo superior a 500 noches-trampa en el área de estudio para asegurar que las especies de carnívoros con hábitos terrestres y semi-arborícolas no detectadas en el presente trabajo se encuentren ausentes en el área.

## 7. LITERATURA CITADA

- Amin Ordoñez M.A. 2004. Patrones de alimentación y disponibilidad de presas del jaguar y del puma en la Reserva de la Biósfera Calakmul. Tesis de Maestría, UNAM, D.F. Pp. 63.
- Aranda M. 1991. Felinos de México: estado actual de conocimiento y conservación. Pp. 175-186. En: Memorias del Simposio Felinos de Venezuela Biología, ecología y conservación. FUNDECI, Caracas, Venezuela. Pp. 340.
- Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. 1a. edición. CONABIO e Instituto de Ecología A.C. Pp. 212.
- Boyce M.S. 2006. Scale for resource selection functions. *Diversity and distributions* 12:269- 276.
- Byers C.R., Steinhorst R.K. y Krausman P.R. 1984. Clarification of a technique for análisis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 48:1050-1053.
- Carbone C., Christie S., Conforti K., Coulson T., Franklin N., Ginsberg J.R., Griffiths M., Holden J., Kinnaird M., Laidlaw R., Lynam A., Macdonald D.W., Martyr D., Mcdougal C., Nath L., O'Brien T., Seidensticker J., Smith D.J.L., Tilson R., and Wan Shahrudin W.N. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4: 75–79.
- Chávez Tovar J.C. 2006. Ecología poblacional y conservación del Jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biósfera Calakmul, Campeche. Tesis de Maestría, Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D.F. Pp. 63.
- Colchero F., Conde D.A., Manterola C., Rivera A. y Pimm S.L. 2005a. Jaguar habitat conservation in the Mayan Forests of Mexico. Informe técnico. National Fish and Wildlife Foundation.Pp. 20.
- Colchero F., Conde D.A., Manterola C., Rivera A. 2005b. "Clasificación de vegetación y uso de suelo para el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo". Escala 1:250,000. Extraído del proyecto BJ006 Evaluación y diseño del corredor Sian Ka'an–Calakmul con base en el modelaje espacial del estado de conservación

del hábitat de jaguar (*Panthera onca*) y su relación con la historia de uso de suelo.

- Crawshaw P.G. Jr y Quigley H.B. 1991. Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *Journal of Zoology* 223: 357-370.
- Cuarón A.D., Reid F. y Helgen K. 2008. *Spilogale putorius*. En: IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- De la Rosa C.L. y Nocke C.C. 2000. A guide to the carnivores of Central America. 1a. edición. University of Texas Press, Austin, Texas. Pp. 262.
- De Oliveira T.G. 1998a. *Leopardus wiedii*. *Mammalian species* 579: 1-6.
- De Oliveira T.G. 1998b. *Herpailurus yagouaroundi*. *Mammalian species* 578: 1-6.
- Di Bitetti M.S., Paviolo A. y De Angelo C. 2006. Density, habitat use and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. *Journal of Zoology* 270: 153-163.
- Dillon A. y Kelly M.J. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx* 41: 469-477.
- Dillon A. y Kelly M.J. 2008. Ocelot home range, overlap and density: comparing radio telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology* 275: 391-398.
- Duran R. y Olsméd I. 1999. Vegetación de la Península de Yucatán. Pp. 187-194. En: Atlas de procesos territoriales de Yucatán. Facultad de Arquitectura UADY. Pp. 388.
- Eisenberg J.F. y Redford K.H. 1999. Mammals of the Neotropics. The central neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia y Brazil. Vol 3. 1a. edición. The University of Chicago Press, Chicago. Pp. 624.
- Earth Observatory (EO), 2009. Measuring vegetation (NDVI & EVI). Página electrónica de la NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration), EUA. [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_4.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_4.php)
- Emmons L.H. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. *Behavior Ecology* 20: 271-283.
- Emmons L.H. 1988. A field study of ocelots (*Felis pardalis*) in Peru. *Revue d'Écologie (Terre et la Vie)* 43: 133-157.

- Emmons L.H. 1997. Neotropical rainforest mammals: A field guide. 1a. edición. University of Chicago Press, Chicago. Pp. 396.
- Emmons L.H., Sherman P., Bolster D., Goldizen A., Terborough J. 1989. Ocelot behavior in moonlight. Pp. 233- 242. En: Redford K.H., Eisenberg J.F. y Brill E.J. (eds). Advances in Neotropical Mammalogy. Sandhill Crane Press, Florida. Pp. 614.
- Faller-Menéndez J. C., Urquiza-Haas T., Chávez C., Jonson S. y Ceballos G.. 2005. Registros de Mamíferos en la Reserva Privada El Zapotal, en el Noreste de la Península de Yucatán. Revista Mexicana de Mastozoología 9:128-140.
- Fritzell E.K. y Haroldson K.J. 1982. *Urocyon cinereoargenteus*. Mammalian species. 189: 1-8.
- Gannon M.R. y Willig M.R. 1994. The effects of hurricane Hugo on bats of the Luquillo Experimental forest of Puerto Rico. Biotropica 26: 320-331.
- Garla R.C., Setz E.Z.F. y Gobbi N. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) food habits in atlantic rain forest of southeastern brazil. Biotropica 33: 691-696.
- Garshelis D.L. 2000. Delusions in habitat evaluation: measuring use, selection, and importance. Pp. 111-164. En: Boitani L. y Fuller T.K. (eds.). Research techniques in animal ecology: controversies and consequences. Columbia University Press, Nueva York. Pp. 442.
- Gompper M.E. 1995. *Nasua narica*. Mammalian species. 487: 1-10.
- Goldenberg, S. B., Landsea C. W., Mestas-Nuñez A. M. y Gray W. M.. 2001. The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. Science 293:474-479.
- Hardin G. 1960. The competitive exclusion principle. Science 131: 1292-1297.
- Harmsen B. 2006. The use of camera traps for estimating abundance and studying the ecology of jaguars (*Panthera onca*). Tesis de Doctorado, University of Southampton. Pp. 275.
- Heilbrun R.D., Silvy N.J., Peterson M.J. y Tewes M.E. 2006. Estimating bobcat abundance using automatically triggered cameras. Wildlife society bulletin 34: 69-73.

- Islebe G.A. 1998. Vegetación. Enciclopedia de Quintana Roo. Xacur M.J. (ed.) Tomo 8. Quintana Roo. México. Pp. 334-337.
- Johnson M.D. 2007. Measuring habitat quality: a review. *The Condor* 109: 489-504.
- Jones K.E., Barlow K.E., Vaughan N., Rodríguez-Durán A. y Gannon M. R.. 2001. Short-term impacts of extreme environmental disturbance on the bats of Puerto Rico. *Animal Conservation* 4:59-66.
- Karanth K.U. y Nichols J.D. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79: 2852-2862.
- Kelly M.J. y Holub E.L. 2008. Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern naturalist*. 15: 249-262.
- Kelly M.J., Noss A.J., Di Bitetti M.S., Maffei L., Arispe R.L., Paviolo A., De Angelo C.D. y Di Blanco Y.E. 2008. Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina, and Belize. *Journal of Mammalogy* 89: 408-418.
- Kiltie R.A. 1988. Interspecific size regularities in tropical felid assemblages. *Oecologia* 76: 97-105.
- Kitchener A. 1991. *The natural history of the wild Cats*. Cornell University Press. Pp.280.
- Konecny M.J. 1989. Movement patterns and food habits of four sympatric carnivore species in Belize, Central America. Pp. 243- 246. En: Redford K.H., Eisenberg J.F. y Brill E.J. (eds). *Advances in Neotropical Mammalogy*. Sandhill Crane Press, Florida. Pp. 614.
- Labisky R. F., Miller K. E., y Hartless C. S. 1999. Effect of hurricane Andrew on survival and movements of white-tailed deer in the Everglades. *The Journal of Wildlife Management* 63:872–879.
- López-González C.A. y González-Romero A. 1998. A síntesis of current literature and knowledge about the ecology of the Puma (*Puma concolor* Linnaeus). *Acta Zoologica Mexicana* 75: 171-190.
- Lotze J.H. y Anderson S. 1979. *Procyon lotor*. *Mammalian species*. 119: 1-8.
- Lugo A.E. 2008. Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an international review. *Austral Ecology* 33: 368-398.

- Maffei L., Cuéllar E. y Noss A.J. 2002. Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 11: 55-65.
- Maffei L., Noss A., Cuéllar E., Rumiz D., 2005. Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity, and ranging behavior in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology* 21: 349-353.
- Maffei L., Noss A. y Fiorello C. 2007. The jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) in the Kaa-iyá del Gran Chaco National Park, Santa Cruz, Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 14: 263-266.
- Mayor S.J., Schneider D.C, Schaefer J.A. y Mahoney S.P. 2009. Habitat selection at multiple scales. *Écoscience* 16: 238-247.
- Matyas C. J., Fernández-Salvador L. y Calmé S. 2008 Tree damage in Quintana Roo México caused by hurricane Dean (2007). Reporte presentado a la National Science Foundation Small Grant for Exploratory Research. Pp. 5.
- Mendes A.R. y Chivers D.J. 2007. Peccary movements as determinants of the movements of large cats in Brazilian Amazonia. *Journal of Zoology* 273: 257-265.
- Miranda F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. 1a. edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. Pp. 271.
- Moreno R.S., Kays R.W. y Samudio R.Jr. 2006. Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*) and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline. *Journal of Mammalogy* 87: 808-816.
- Morris D.W., Clark R.G. y Boyce M.S. 2008. Habitat and habitat selection: theory, tests and implications. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 54: 287-294.
- Murray J.L. y Gardner G.L. 1997. *Leopardus pardalis*. *Mammalian species* 548:1-10.
- National Hurricane Center, 2008. Página electrónica de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos. <http://www.nhc.noaa.gov/>
- Novack A.J., Main M.B., Sunquist M.E. y Labisky R.F. 2005. Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserva, Guatemala. *Journal of Zoology* 267: 167-178.

- Núñez Pérez R. 2006. Área de actividad, patrones de actividad y movimiento del jaguar (*Panthera onca*) y del Puma (*Puma concolor*) en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. Tesis de Maestría, UNAM, Michoacán. Pp. 110
- Orellana L.R., Balam K., Bañuelos R.I., García de Miranda A.J., González-Iturbe A.J., Herrera C.F. y Vidal J. 1999. Evaluación climática. Pp. 163-182. En: Atlas de procesos territoriales de Yucatán UADY. Pp. 388.
- Ostertag R., Silver W.L. y Lugo A.E. 2005. Factors Affecting Mortality and Resistance to Damage Following Hurricanes in a Rehabilitated Subtropical Moist Forest. *Biotropica* 37: 16-24.
- Pavelka M.S.M. y Behie A.M. 2005. The effect of hurricane Iris on the food supply of Black Howlers (*Alouatta pigra*) in Southern Belize. *Biotropica* 37: 102-108.
- Pickett S.T.A y White P.S. (eds.) 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. 1a. edición. Academic Press, San Diego, California. Pp. 472.
- Pozo de la tijera C. y Escobedo-Cabrera J.E. 1999. Mamíferos terrestres de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 47: 251-262.
- Presley S.J. 2000. *Eira barbara*. Mammalian species. 636: 1-6.
- Putz F.E., Coley P.D., Lu K., Montalvo A. y Aiello A.. 1983. Uprooting and snapping of trees- structural determinants and ecological consequences. *Canadian Journal of Forest Research* 13:1011-1020.
- Quigley H.B. y Crawshaw P.G.J. 2002. Reproducción, crecimiento y dispersión del jaguar (*Panthera onca*), en la región del Pantanal Brazil. Pp. 289-302. En: Medellín R.A., Equihua C., Chetkiewicz C.L.B., Crawshaw Jr. P.G., Rabinowitz A., Redford K.H., Robinson J.G., Sanderson E.W. y Taber A.B. (eds.): El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society, México. Pp. 647.
- Rabinowitz A.R. y Nottingham B.G. Jr 1986. Ecology and behaviour of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210: 149-159.
- Riley S.P.D. 2006. Spatial ecology of bobcats and gray foxes in urban and rural zones of a national park. *Journal of Wildlife Management* 70: 1425-1435.



- Rogan J., L. Schneider, Z. Christman, M. Millones, D. Lawrence and B. Schmook. 2010. Hurricane Detection using MODIS EVI data in Southern Yucatán, Mexico. Reporte presentado a la Fundación Moore.
- Rosenzweig M. L. 1981. A theory of habitat selection. *Ecology* 62: 327-335.
- Sánchez S.O. 1987. Estructura y composición de la selva mediana subperennifolia presente en el Jardín Botánico del CIQRO, Puerto Morelos, Q.R. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Pp.73.
- Sánchez S.O. e Islebe G.A. 1999. Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest in south-eastern Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 8: 29-38.
- Scognamillo D., Maxit I.E., Sunquist M. y Polisar J. 2003. Coexistence of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in a mosaic landscape in the Venezuelan llanos. *Journal of Zoology* 259: 269-279.
- Seymour K.L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species*. 340: 1-9.
- Sheffield S.R. y Thomas H.H. 1997. *Mustela frenata*. *Mammalian species*. 570:1-9.
- Silver S.C., Ostro L.E.T., Marsh L.K., Maffei L., Noss A.J., Kelly M.J., Wallace R.B., Gómez H. y Ayala G. 2004. The use of camera traps for estimating jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture analysis. *Oryx* 38: 148-154.
- Simberloff D.A. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 473-511.
- Sousa W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Stiling P.D. 1999. *Ecology: theories and applications*. 3a. edición. Prentice-Hall, New Jersey. Pp. 638.
- Storms D., Said S., Fritz H., Hamann J.L., Saint-Andrieux C. y Klein F. 2006. Influence of hurricane Lothar on red and roe deer winter diets in the Northern Vosges, France. *Forest Ecology and Management* 237:164-169.
- Sunquist M.E. 1989. Comparison of spatial and temporal activity of red foxes and gray foxes in north-central Florida. *Florida Field Naturalist* 17: 11-18.
- Tanner E.V.J., Kapos V. y Healey J.R. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. *Biotropica* 23:513- 521.

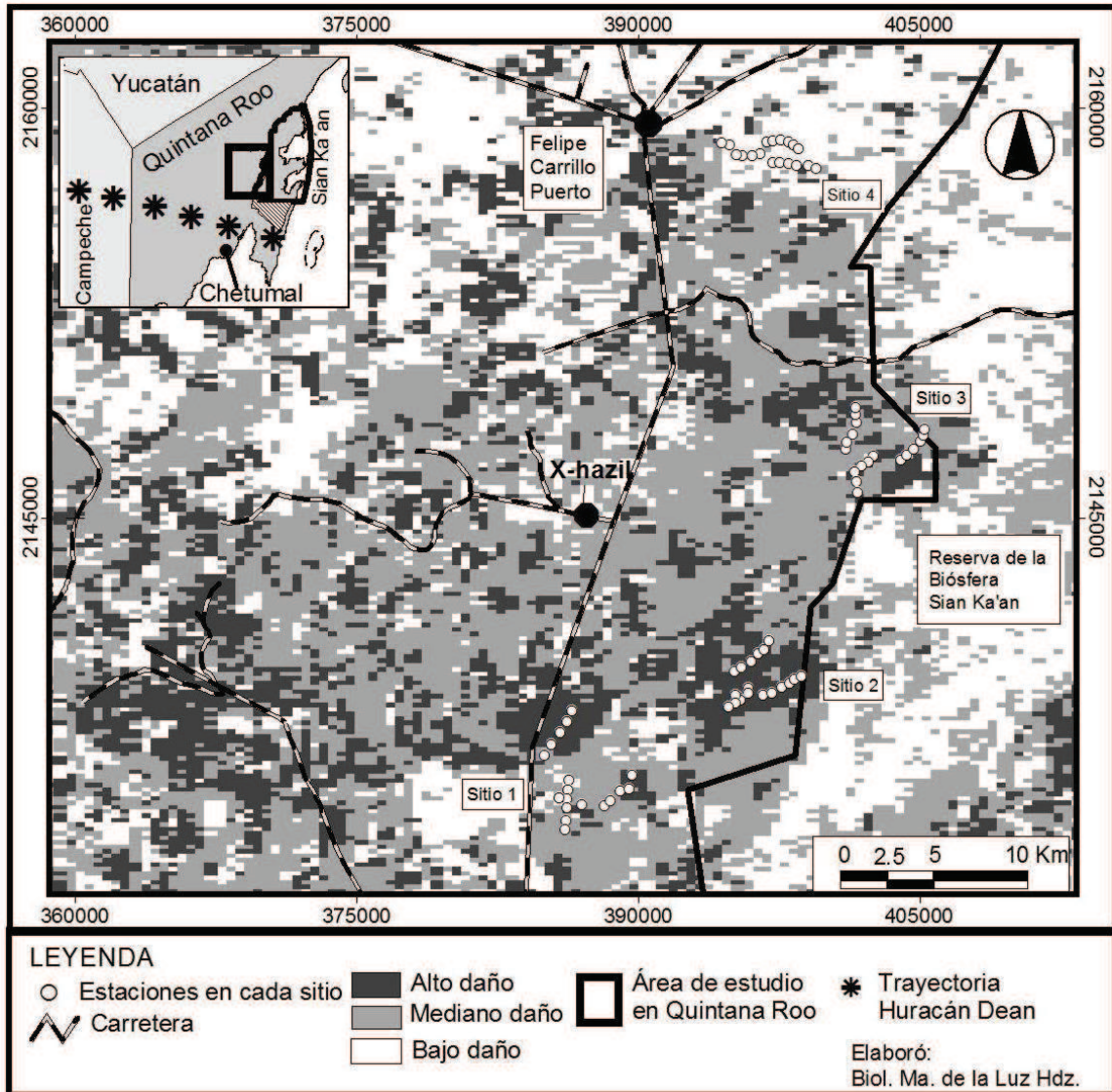
- Tsuji Y. y Takatsuki S. 2008. Effects of a Typhoon on foraging behavior and foraging success of *Macaca fuscata* on Kinkazakn Island, Northern Japan. *Int Journal of Primatology* 29:1203-1217.
- Turner M.G. y Dale V.H. 1998. Comparing large, infrequent disturbances: What have we learned? *Ecosystems* 1: 493-496.
- Valenzuela D. 1998. Natural history of the white-nosed coati *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3: 26-44.
- Valenzuela D. y Ceballos G. 2000. Habitat selection, home range, and activity of the White-nosed coati (*Nasua narica*) in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Mammalogy* 81: 810-819.
- Waide R.B. 1991a. The effect of Hurricane Hugo on bird populations in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* 24: 475-80.
- Waide R.B. 1991b. Summary of the response of animal populations to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23: 508-512.
- Walker L. R., Lodge D. J., Brokaw N. V. y Waide R. B. 1991. An introduction to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23:313-316.
- Wallace R.B., Gomez H., Ayala G y Espinoza F. 2003. Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi Valley, Bolivia. *Journal Neotropical Mammalogy* 10: 133-139.
- Waring R.H., Coops N.C., Fan W., Nightingale J.M. 2006. MODIS enhanced vegetation index predicts tree species richness across forested ecoregions in the contiguous USA. *Remote Sensing of Environment* 103: 218-226.
- Weckel M., Giuliano W. y Silver S. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* 270: 25-30.
- Widmer O., Said S., Miroir J., Duncan P., Gaillard J.M. y Klein F. 2004. The effects of hurricane Lothar on habitat use of roe deer. *Forest Ecology and Management* 195: 237-242.
- Wunderle J.M. Jr 1995. Responses of bird populations in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: the first 18 months. *Condor*. 97: 879-896.

Wunderle J.M. Jr, Mercado J.E., Parresol B. y Terranova E. 2004. Spatial ecology of puerto rican boas (*Epicrates inornatus*) in a hurricane impacted forest. *Biotropica* 36: 555-571.

## 8. ANEXOS

### ANEXO 1

Mapa de daño a la vegetación por el Huracán Dean (2007).

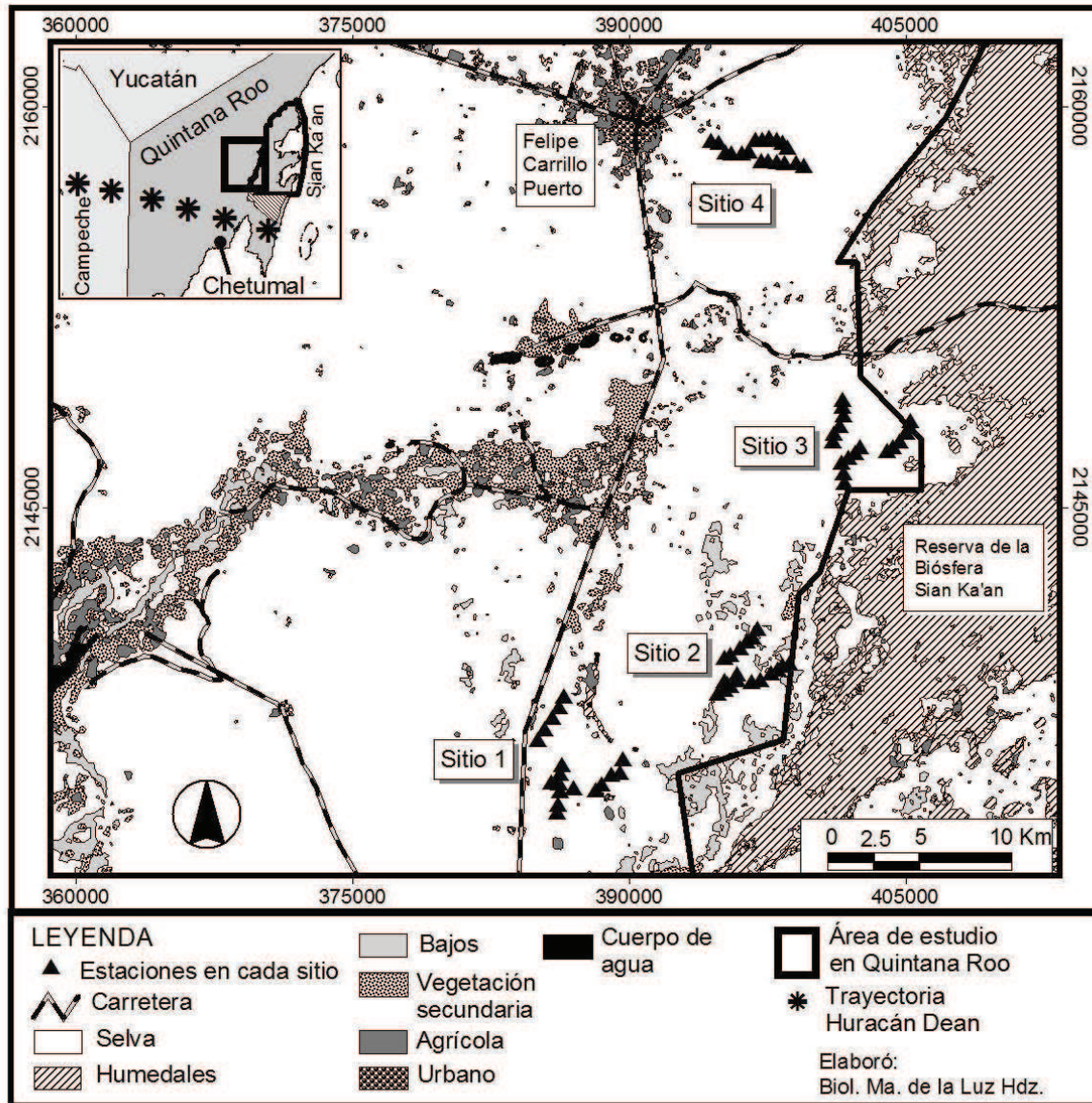


Modificado de Rogan et al., 2010.



## ANEXO 2

Mapa de uso de suelo y vegetación en el área de estudio.



Modificado de Colchero et al., 2005b.

Selva. Principalmente selva mediana subperennifolia. Se caracteriza por presentar árboles cuya altura puede alcanzar entre 15 a 25 metros. Subperennifolio se refiere a que en la estación seca entre 25 y 50% de las especies pierden las hojas. Los especies más comunes son: *Brosimum alicastrum* (ramón), *Bursera simaruba* (chaca), *Manilkara zapota* (zapote), *Metopium brownei* (chechem), *Pouteria campechiana*

(kaniste), *Sideroxylon foetidissimum* (caracolillo), *Swartzia cubensis* (katalox), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Talisia olivaeformis* (guaya) (Islebe, 1998; Duran y Olmsted, 1999).

Humedales. Se refiere a manglares y pastizales inundables. Son tipos de vegetación que presentan períodos de inundación variables durante el año. Las especies predominantes en los pastizales inundables son *Cladium jamaicensis*, *Typha domingensis* o *Thalia geniculata*. Por otra parte, los manglares son asociaciones de vegetación que habitan suelos inundados de aguas salobres y salinas. Las comunidades varían desde manglares de franja hasta manglares chaparros. Las especies más comunes son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle bobo) y *Conocarpus erectus* (botoncillo) (Duran y Olmsted, 1999).

Bajos o akalches. Son selvas bajas inundables, cuyos árboles alcanzan alturas entre los ocho y diez metros. Se caracterizan por encontrarse inundadas hasta cuatro meses y resistir épocas de secas de hasta seis meses. A diferencia de las selvas medianas, éstas pierden más del 50% de su follaje en la época de secas. Se distribuyen en forma de manchones dispersos al interior de las selvas medianas. Especies comunes son: *Cameraria latifolia* (sak cheechem), *Dalbergia glabra* (ahmuk), *Randia aculeata* y *Pseudophoenix sargentii* (kuka) (Islebe, 1998; Duran y Olmsted, 1999).

Vegetación secundaria. Consiste en vegetación que aparece después de haber sido alterada la vegetación original. Aunque los parches de vegetación secundaria en el mapa son de origen antropogénico, también huracanes e incendios forestales pueden originarla al ocasionar cambios severos en la vegetación (Islebe, 1998).

## ANEXO 3

### **Uso de hábitat por los carnívoros en una selva impactada por el Huracán Dean (2007)**

Habitat use by carnivores in a tropical forest impacted by Hurricane Dean (2007)

Hernández-Díaz Malú, Ramírez-Barajas Pablo Jesús, Chávez Cuauhtemoc, Schmook Birgit y

Calmé Sophie

Artículo sometido a la Revista Mexicana de Biodiversidad

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

1 **Uso de hábitat por los carnívoros en una selva impactada por el Huracán Dean (2007)**

2 **Habitat use by carnivores in a tropical forest impacted by Hurricane Dean (2007)**

3

4 Hernández-Díaz Malú<sup>1\*</sup>, Ramírez-Barajas Pablo Jesús<sup>1</sup>, Chávez Cuauhtemoc<sup>2</sup>, Schmook Birgit<sup>1</sup> y  
5 Calmé Sophie<sup>1,3</sup>

6

7 <sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Avenida Centenario KM 5.5. CP 77000  
8 Chetumal, Quintana Roo, México.

9 <sup>2</sup>Instituto de Ecología de la UNAM. Circuito exterior s/n anexo al Jardín Botánico Exterior  
10 UNAM 04510 México, D.F. Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria.

11 <sup>3</sup>Département de Biologie. Université de Sherbrooke, 2500, boul. de l'Université Sherbrooke,  
12 QCJ1K2R1, Québec, Canada.

13 \*Correspondencia: mamimu83@gmail.com

14

15 **Resumen.** Los carnívoros que habitan áreas forestales en la Península de Yucatán  
16 experimentaron el paso del huracán Dean (2007). El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de  
17 hábitat de los carnívoros respecto al daño en la vegetación, 18 meses después del evento. Se  
18 muestrearon 4 sitios mediante fototrampeo. El uso de hábitat se evaluó mediante las ocurrencias y  
19 abundancias relativas de los carnívoros y su relación con variables ambientales, principalmente  
20 vegetación (tipos y daños), en 4 granos de resolución de 0.50 km<sup>2</sup>, 1.5 km<sup>2</sup>, 9 km<sup>2</sup> y 81 km<sup>2</sup>,  
21 dibujando círculos tomando como centro la cámara-trampa. Los valores de daño a la vegetación  
22 fueron calculados como la diferencia (dEVI) del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) antes y  
23 después de que el huracán tocara tierra mediante imágenes de satélite MODIS. El dEVI se  
24 interpretó con base en daños estructurales a los árboles, datos tomados en campo. En la mayoría



## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

25 de las escalas las relaciones entre ocurrencias y abundancias relativas de las especies y el daño a  
26 la vegetación fueron poco o nada significativas, probablemente debido a su poca especificidad de  
27 hábitat. El estudio es pionero en analizar aspectos ecológicos de los carnívoros en una selva  
28 impactada por un huracán.

29

30 Palabras clave: disturbio, fototrampeo, felino, coatí, puma, ocelote, Península de Yucatán.

31

32 **Abstract.** Carnivores that inhabit forested areas in the Yucatan Peninsula experienced the impact  
33 of hurricane Dean (August 2007). The objective of this study was to evaluate habitat use by  
34 carnivores in relation with vegetation damage, 18 months after the event. Four sites were sampled  
35 by camera-trapping. Habitat use was evaluated by the presence and relative abundance of  
36 carnivores and their relationship with environmental variables related mainly with vegetation  
37 (types and damage) using 4 levels of resolution of 0.50 km<sup>2</sup>, 1.5 km<sup>2</sup>, 9 km<sup>2</sup> y 81 km<sup>2</sup>, taking the  
38 camera trap as the center of the circle. Vegetation damage values were calculated from the  
39 difference (dEVI) from the Enhanced Vegetation Index (EVI) before and after the hurricane  
40 using MODIS satellite images. dEVI values were interpreted using data on tree damage (i.e.  
41 broken branches, crown snapped, leaning trunk, uprooted) collected in the field. At most  
42 resolutions, carnivores' occurrence and relative abundance were weakly or not related with  
43 vegetation damage, probably to their little specificity to habitat. This study is one of the first to  
44 analyze ecological aspects of the carnivores in a tropical forest impacted by a hurricane.

45

46 Key words: disturbance, camera-trapping, felid, coatimundi, puma, ocelot, Yucatan Peninsula.

47

48

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

### 49 **Introducción**

50 Los huracanes son disturbios frecuentes y de gran magnitud en el Caribe (Goldenberg  
51 et al., 2001). Estos disturbios desempeñan un papel importante al modificar aspectos biológicos y  
52 ecológicos de la flora y fauna de los ecosistemas afectados (Walker et al., 1991). Las  
53 modificaciones más inmediatas y visibles son cambios estructurales en los árboles como pérdida  
54 de follaje, ramas, rompimiento del tronco o su inclinación y caída, exponiendo sus raíces a la  
55 atmósfera (Sánchez e Islebe, 1999; Ostertag et al., 2005). Estos efectos se consideran como  
56 inmediatos durante los primeros tres años después del paso del huracán (Lugo, 2008). Las  
57 modificaciones al hábitat pueden provocar a su vez cambios en las poblaciones animales, tales  
58 como en su estructura, composición y abundancias relativas (Lynch, 1991; Waide, 1991a). Sin  
59 embargo, estos efectos de los huracanes sobre la fauna no han sido tan estudiados en  
60 comparación con los efectos sobre la vegetación (Tanner et al., 1991).

61 Los eventos meteorológicos como huracanes y ciclones provocan cambios como:  
62 modificación del hábitat del ratón de playa (*Peromyscus polionotus leucocephalus*: Pries et al.,  
63 2009), reducción de la disponibilidad de alimento para murciélagos (Gannon y Willig, 1994),  
64 cambios en las abundancias de las ranas (Vilella y Fogarty, 2005), así como en las conductas de  
65 forrajeo de los zorros voladores del género *Pteropus* (Grant et al., 1997), en la dieta y las  
66 relaciones sociales del mono aullador negro (*Alouatta pigra*: Pavelka et al., 2003; Pavelka y  
67 Behie, 2005), en la dieta de venados (Storms et al., 2006), en el uso de hábitat y áreas de  
68 actividad del corzo (*Capreolus capreolus*: Widmer et al., 2004) y de la cotorra (*Amazona*  
69 *ventralis*: White et al., 2005). Sin embargo, no tenemos conocimiento de estudios que evalúen la  
70 relación entre las especies del orden Carnívora y la modificación del hábitat provocada por el  
71 paso de un huracán en cualquiera de sus aspectos biológicos o ecológicos.

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

72 El huracán Dean atravesó la Península de Yucatán en agosto de 2007. El huracán tocó  
73 tierra cerca de la localidad de Majahual, Quintana Roo con vientos de 265 km/h, con una  
74 clasificación de Categoría 5 según la escala Saffir-Simpson (1-5; Matyas et al., 2008). Este  
75 huracán provocó daños estructurales como pérdida de follaje y ramas, rompimiento de troncos y  
76 exposición de raíces a la atmósfera. Las especies del orden Carnívora que coexisten en la  
77 Península de Yucatán pudieron verse afectadas por el paso del Huracán Dean debido a la apertura  
78 del dosel de la selva y a cambios en la disponibilidad de sus presas. Se ha documentado que  
79 algunas especies de carnívoros, particularmente los felinos, usan con más frecuencia áreas con  
80 mayor cobertura arbórea (Seymour, 1989; Murray y Gardner; 1997; Colchero et al., 2005a). En el  
81 caso de las presas potenciales, se ha registrado que el paso de un huracán afectó las tasas de  
82 fecundidad y sobrevivencia de las crías del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*  
83 *seminolus*: Labisky et al., 1999, pero ver Gaillard et al., 2003). Por otra parte, los huracanes al  
84 modificar las abundancias relativas de los animales pueden alterar las relaciones interespecíficas,  
85 como la relación depredador-presa (Wunderle et al., 2004).

86 El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el uso de hábitat de las especies de  
87 carnívoros con respecto al daño a la vegetación por el huracán Dean y a los tipos de vegetación,  
88 mediante sus ocurrencias y abundancias relativas.

89

### **90 Materiales y métodos**

91 *Área de estudio.* El estudio se realizó en los ejidos de X-hazil y Felipe Carrillo  
92 Puerto, del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo (Figura 1), que limitan al este con  
93 la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. El área presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias  
94 en verano, con temperaturas medias anuales entre 25 y 27°C y el total de precipitación anual  
95 oscila entre los 1,053 mm y los 1,253 mm (Orellana et al., 1999). La vegetación más

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

96 característica del municipio es la selva mediana subperennifolia, que se caracteriza porque entre  
97 25% y 50% de las especies pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca (Miranda,  
98 1978; Islebe, 1998).

99 *Sitios de muestreo.* Se eligieron 4 sitios de muestreo en el área de estudio siguiendo  
100 una disposición de sur a norte dado que el daño disminuye de sur a norte en el área de estudio,  
101 aproximadamente de manera perpendicular a la trayectoria del huracán Dean (Matyas et al.,  
102 2008). En cada sitio se establecieron 3 transectos de 3 km de longitud aproximadamente (Figura  
103 1).

104 *Especies focales.* El estudio se centra en las siguientes especies de carnívoros, cuya  
105 presencia en la Reserva de Sian Ka'an se registró anteriormente (Pozo de la Tijera y Escobedo-  
106 Cabrera, 1999): *Conepatus semistriatus* (zorrillo), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra), *Leopardus*  
107 *pardalis* (ocelote), *Leopardus wiedii* (tigrillo), *Puma concolor* (puma), *Panthera onca* (jaguar) y  
108 *Nasua narica* (coatí).

109 *Estaciones de fototrampeo.* Se colocaron trampas-cámara a lo largo de los transectos  
110 en puntos donde hubiera rastros de fauna para maximizar la captura de los organismos. Cada  
111 punto donde se colocó una trampa-cámara se denomina estación y el período de días en el que  
112 está activa se denomina sesión de trampeo (Heilbrun et al., 2006). Sobre los transectos, las  
113 estaciones se distanciaron  $500 \pm 128$  m entre sí, con una distancia mínima de 250 m y una  
114 máxima de 760 m. En cada sitio la sesión de trampeo duró  $32 \pm 2$  días y se ubicaron 18 a 19  
115 estaciones (6 a 7 por transecto). Se obtuvo un esfuerzo de muestreo de  $538 \pm 48$  noches-trampa  
116 (NT) por sitio. Las noches-trampa se calculan al multiplicar el número de estaciones por la sesión  
117 de trampeo y substrayendo las noches de las trampas-cámara que no estuvieron activas (Kelly y  
118 Holub, 2008). Los registros fotográficos de una sola especie en un lapso de 24 horas en la misma  
119 estación se consideraron como un único evento, sin reconocer que las distintas fotografías

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

120 pertenecieran a un solo individuo o a varios. Se utilizaron varios tipos de trampas-cámara de  
121 sensor térmico: digitales (Moultrie Modelo 160, Reconyx Modelos Silent Image y RapidFire) y  
122 análogas (de rollo de 35mm: Leaf River Modelo Trail Scan C1).

123           Se obtuvo el índice de abundancia relativa (IAR) por estación para: carnívoros en  
124 conjunto, felinos mayores (jaguar+puma), felinos menores (ocelote+tigrillo) y puma, ocelote y  
125 coatí expresado en número de capturas por 100 noches-trampa. El IAR de cada especie por sitio  
126 se expresó en número de capturas por 100 noches-trampa por unidad de superficie ( $100 \text{ km}^2$ ) para  
127 considerar diferencias en las distancias entre transectos entre los sitios. Para obtener el tamaño  
128 del área de muestreo abarcada en cada sitio, se fusionaron círculos de 2,500 m de radio  
129 proyectados alrededor de cada estación. Este valor fue elegido para que al fusionarse los círculos  
130 resulte un área de muestreo igual o superior al área de actividad promedio del jaguar registrada  
131 para Calakmul que es de  $50 \text{ km}^2$  (Chávez, 2006). En cada estación se registró el tipo de  
132 vegetación y si ésta se encontraba o no sobre una brecha de terracería (4-6 m de ancho).

133           *Daño a la vegetación y tipos de vegetación.* La evaluación de daño a la vegetación se  
134 realizó a partir de las diferencias del Índice de Vegetación Mejorado (a continuación dEVI) ocho  
135 días antes y dos semanas después de que el huracán tocara tierra, mediante imágenes de satélite  
136 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). La Península de Yucatán resulta, por  
137 lo tanto, en un mosaico de celdas de  $0.11 \text{ km}^2$  de alto, medio y bajo daño (Rogan et al., 2010),  
138 donde las celdas de alto daño tienen los valores de dEVI más altos (Figura 2). Según esta  
139 clasificación, el área de muestreo abarcada en los sitios 1 y 3 es de daño medio, el sitio 2 de alto  
140 daño y el sitio 4 se encuentra en el límite de bajo daño a medio daño.

141           En cada estación se evaluó el daño a la vegetación a 4 granos de resolución: a) micro  
142 ( $0.50 \text{ km}^2$ ), que consistió en promediar el valor de daño de la celda donde cayó la estación con las  
143 tres celdas más cercanas; y b) con áreas adicionales, dibujando círculos alrededor de cada

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

144 estación con radios de 700 m (1.5 km<sup>2</sup>), 1,700 m (9 km<sup>2</sup>) y 5,100 m (81 km<sup>2</sup>); ésta última sólo se  
145 utilizó para los felinos mayores. Los radios elegidos están basados en las áreas de actividad  
146 reportadas para las especies bajo estudio: ocelote, 700 m (Emmons, 1988); jaguar, 1,700 m  
147 (Rabinowitz y Nottingham, 1986) y 5,100 m (área de actividad promedio anual para el jaguar en  
148 la Reserva de Calakmul: Chávez, com. pers.). Las variables utilizadas por estación en cada uno  
149 de los círculos fueron: 1) porcentajes de área ocupada respectivamente por celdas de alto daño,  
150 medio daño y bajo daño; 2) porcentajes de área ocupada respectivamente por vegetación  
151 secundaria, selva mediana y por otro tipo de vegetación (bajos y humedales); 3) porcentajes de  
152 área de zonas urbanas y agrícolas; 4) número de caminos y la suma total de la longitud de  
153 caminos (sólo a 700 m al contar con esta información). Los porcentajes de uso de suelo y tipo de  
154 vegetación se calcularon a partir de Colchero et al. (2005b). La construcción de las áreas  
155 adicionales se realizó usando el programa Arc View GIS 3.2.

156           Para interpretar la evaluación del daño a la vegetación por las imágenes de satélite en  
157 términos de daños estructurales a la vegetación se utilizó el siguiente método. Se eligió un  
158 transecto al azar en cada sitio. Se contabilizaron los árboles con un diámetro a la altura del pecho  
159 mayor a 5 cm que tuvieran alguno de los siguientes daños debido al huracán: ramas rotas,  
160 descopado, tronco roto, tronco inclinado con o sin raíces expuestas. Se realizó en diez bloques-  
161 transectos de 50 × 2 m sobre el transecto, espaciados entre ellos por 50 m. Posteriormente se  
162 obtuvieron los porcentajes de los árboles dañados y los porcentajes por cada tipo de daño en cada  
163 parcela.

164           *Análisis estadísticos.* Para evaluar si los sitios presentan el mismo porcentaje de  
165 árboles dañados, así como los mismos porcentajes en cada tipo de daño estructural, se utilizó un  
166 ANOVA de una vía (transformando los porcentajes con la función arcoseno). Para reconocer las

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

167 medias que presentan diferencias significativas se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de  
168 Duncan.

169           La evaluación de la relación entre las características del hábitat y los organismos se  
170 hizo por medio de regresiones. Para la variable de respuesta ocurrencia se usaron regresiones  
171 logísticas (sólo a la resolución micro), mientras que se usaron regresiones lineales para el índice  
172 de abundancia relativa (IAR) por grupo de especies (carnívoros en conjunto, felinos mayores,  
173 felinos menores) e individualmente para puma, ocelote y coatí (que contaron nueve o más  
174 registros de presencia). Las regresiones lineales se corrieron con los datos de las estaciones con  
175 un IAR mayor a cero. Tanto en las regresiones logísticas como en las lineales se utilizó el método  
176 de regresión con pasos hacia atrás para determinar las variables significativas. Los valores de  
177 daño se transformaron a logaritmo base 10 y los datos expresados en porcentaje se transformaron  
178 a arcoseno para respetar los supuestos de normalidad y de homocedasticidad de la varianza.

179           En las regresiones logísticas se usaron las siguientes variables independientes: valor  
180 de daño micro, tipo de vegetación y tipo de localización de la estación (sobre brechas o no). El  
181 tipo de vegetación consistió de dos categorías: selva mediana y elementos puntuales del paisaje  
182 como rejolladas o tasistales. Las rejolladas son concavidades del terreno que retienen humedad.  
183 Se realizó una prueba de bondad de ajuste (prueba de G) para las variables categóricas que  
184 resultaran significativas para evaluar si había diferencia significativa en las frecuencias de  
185 eventos entre sus respectivas categorías, considerando el esfuerzo de muestreo en cada categoría.

186           En las regresiones lineales múltiples, las variables independientes fueron los  
187 porcentajes de área por tipo de daño y por tipo de cobertura (vegetación o uso de suelo). Después  
188 de realizar una prueba de correlación de rango de Spearman para verificar la colinearidad entre  
189 variables, se eligieron las siguientes variables independientes: porcentaje de área de daño medio,  
190 de daño alto, de vegetación secundaria y de selva mediana, respectivamente. A 5, 100 m también

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

191 se incorporó el porcentaje de área de zonas urbanas y agrícolas. A 700 m se empleó  
192 adicionalmente el número de brechas.

193 Para evaluar si los individuos de cada especie y grupo de especie diferenciaban  
194 activamente las estaciones en las resoluciones de 700 m, 1,700 m y 5,100 m se empleó un análisis  
195 discriminante, en el cual consideramos como variable de agrupación la ocurrencia de los  
196 organismos en cada estación. En este caso, para cumplir los supuestos del análisis de que las  
197 variables utilizadas no estén altamente correlacionadas se usaron las siguientes variables:  
198 porcentaje de área de daño medio, de daño alto, de vegetación secundaria y de selva mediana,  
199 respectivamente; a 5,100 m se incorporó el porcentaje de área de zonas urbanas y agrícolas.  
200 Las pruebas estadísticas fueron realizadas con los paquetes STATGRAPHICS Plus 5.0 y SPSS  
201 15.0.

202

### 203 Resultados

204 *Daño estructural a los árboles por el huracán Dean (2007)*. El porcentaje de los  
205 árboles dañados entre los sitios es significativamente diferente (ANOVA  $F=31.05$ ,  $gl=39$ ,  
206  $p<0.0001$ ; Figura 3). Encontramos que los mayores daños se presentaron en el sitio 1 ( $39 \pm 16\%$   
207 de árboles dañados), seguido por los sitios 2 y 3 (respectivamente  $21 \pm 10\%$  y  $14 \pm 10\%$ ; prueba  
208 de intervalos múltiples de Duncan= $0.11$ ,  $p>0.05$ ) y el sitio 4 ( $0.54 \pm 2\%$ ). En este último sitio  
209 hubo daños en un solo árbol de una sola parcela, de un total de 184 árboles registrados. Por esta  
210 razón, se excluyó al sitio 4 de los análisis subsecuentes. Los tipos de daños difirieron  
211 significativamente entre los sitios (ramas rotas:  $F=4.35$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.023$ ; descopado o tronco roto:  
212  $F=4.23$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.025$ ), a excepción de los porcentajes de árboles inclinados con o sin raíz  
213 expuesta ( $F=3.01$ ,  $gl=29$ ,  $p=0.07$ ). El mayor daño de ramas rotas se presentó en los sitios 1 y 3  
214 (respectivamente  $41 \pm 19\%$  y  $37 \pm 39\%$ ; prueba de intervalos múltiples de Duncan= $0.08$ ,



## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

215  $p>0.05$ ), seguidos por el sitio 2 ( $8 \pm 12\%$ ). El mayor número de árboles descopados o con tronco  
216 roto lo presentó el sitio 2 ( $75 \pm 19\%$ ), seguido por los sitios 1 y 3 (respectivamente  $47 \pm 17\%$  y  
217  $58 \pm 40\%$ ; prueba de intervalos múltiples de Duncan =0.08,  $p>0.05$ ). En resumen, el sitio 2  
218 presentó los mayores daños con árboles descopados, con tronco roto e inclinados con o sin la raíz  
219 expuesta ( $17 \pm 19\%$ ), mientras los sitios 1 y 3 fueron afectados principalmente con rompimiento  
220 de ramas. Los sitios 1 y 3 presentaron  $12 \pm 10\%$  y  $3 \pm 7\%$  de árboles inclinados, todos sin raíz  
221 expuesta, respectivamente.

222 *Relaciones de las ocurrencias e IAR de carnívoros con las características de la*  
223 *vegetación.* En total se registraron 70 eventos independientes de las especies de carnívoros. La  
224 especie con el mayor número de eventos fue el coatí (*N. narica*) con 28 eventos, seguido del  
225 puma (*P. concolor*) y del ocelote (*L. pardalis*) con 13 y 11 eventos, respectivamente. El resto de  
226 las especies con registros fotográficos tuvieron menos de 7 eventos cada una: tigrillo (*L. wiedii*),  
227 zorrillo (*C. semistriatus*), jaguar (*P. onca*) y zorra (*U. cinereoargenteus*), ésta última con el  
228 menor número de eventos (Cuadro 1).

229 A la resolución micro, sólo las ocurrencias de felinos mayores y del puma guardaron  
230 una relación significativa con las características del hábitat que medimos (Cuadro 2). La  
231 ocurrencia de los felinos mayores se relacionó con el tipo de localización de la estación. Es decir,  
232 el hecho que las cámaras se ubicaran sobre brechas influye significativamente en la ocurrencia de  
233 los felinos mayores ( $G=7.72$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.006$ ). Se obtuvieron en proporción más ocurrencias de  
234 felinos mayores (89%) en brechas que al interior de la selva (11%). Por otro lado, la colocación  
235 de las trampas-cámara en elementos puntuales del paisaje como las rejolladas o tasistales influyó  
236 en la ocurrencia del puma ( $G=4.79$ ,  $gl=1$ ,  $p=0.029$ ). En estos elementos se registraron en  
237 proporción más ocurrencias del puma (88%) que en la selva mediana (12%). Por otro lado, es

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

238 notable que no hubo ninguna relación lineal significativa entre el IAR de ninguna especie o grupo  
239 de especies y la intensidad de daño micro.

240 A la resolución de 700 m, el IAR de los carnívoros y del ocelote aumentó  
241 significativamente con el número de brechas, mientras que el IAR del puma aumentó  
242 significativamente con el porcentaje de área de daño medio (Cuadro 3). A la resolución de 1,700  
243 m, el IAR de los carnívoros aumentó de manera significativa con el porcentaje de área de daño  
244 medio (Cuadro 4). Por otro lado, los IAR del grupo de los felinos mayores y del coatí aumentaron  
245 significativamente con el porcentaje del área de vegetación secundaria. El IAR del puma, por su  
246 lado, disminuyó significativamente con el aumento de los porcentajes de área de daño alto y de  
247 selva mediana. A la resolución de 5,100 m, ninguna variable del hábitat tuvo una relación  
248 significativa con el IAR de los felinos mayores ni del puma.

249 Respecto a si los organismos utilizaban activamente las estaciones donde se  
250 registraron sus ocurrencias, no se logró determinar ya que ninguna de las funciones  
251 discriminantes fue significativa para ninguno de los grupos y para ninguno de los granos de  
252 resolución.

253

## **254 Discusión**

255 *Validación del dEVI como medida del daño a la vegetación.* Encontramos que el  
256 porcentaje de árboles dañados en las parcelas y en la intensidad de daño en las celdas por  
257 diferencias en el índice EVI presentaron la misma tendencia general sobre el daño a la vegetación  
258 el cual disminuyó de sur a norte, aproximadamente perpendicular a la trayectoria del huracán,  
259 que fue de este a oeste ligeramente inclinado hacia el norte (Matyas et al. 2008). El sitio 4 fue  
260 claramente de bajo a nulo daño en ambas evaluaciones, en campo y por el dEVI. Al contrario, el  
261 sitio 2 fue el de mayor daño con ambos métodos, lo que en campo se vio reflejado en que tres

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

262 cuartos de los árboles dañados resultaron descopados, con tronco roto o desenraizados (Lugo,  
263 2008). También, el hecho de que los sitios 1 y 3 resulten de daño medio en el mapa de daño se  
264 reflejó en que ambos sitios presentaron mayores daños del tipo pérdida de ramas, dado que el  
265 grado de daño a la vegetación está en función de la arquitectura del árbol, la topografía, la  
266 composición de especies y el tipo de suelo (Putz et al., 1983; Tanner et al., 1991). El índice EVI  
267 puede detectar variaciones estructurales en el índice de área foliar, tipo y arquitectura del dosel y  
268 fisonomía de la planta (Waring, 2006). El Índice EVI puede ser sensible en las áreas con alta  
269 densidad de biomasa vegetal y tener un menor sesgo provocado por el suelo y las condiciones  
270 atmosféricas (Waring, 2006); por lo tanto, su empleo reflejó de manera certera el daño estructural  
271 que el huracán Dean provocó en los árboles.

272 *Relaciones de las ocurrencias e IAR de carnívoros con las características de la*  
273 *vegetación.* A la resolución micro, el daño a la vegetación no presentó una relación significativa  
274 con la abundancia relativa de ninguna especie o grupo de especies de carnívoros, probablemente  
275 porque la mayoría de los carnívoros se mueven a escalas espaciales mayores que los 0.50 km<sup>2</sup>  
276 (De Oliveira, 1998; Valenzuela y Ceballos, 2000; Nuñez, 2006; Dillon y Kelly, 2008). El zorrillo  
277 es el único con áreas de actividad equiparables a la resolución micro y que potencialmente debido  
278 a sus hábitos alimentarios podría beneficiarse de la perturbación creada, por el incremento de  
279 insectos que busca entre la hojarasca, después del paso de un huracán debido a la acumulación de  
280 materia orgánica en el suelo (Waide, 1991a). En otros animales, como murciélagos y aves, se ha  
281 reportado que las especies insectívoras y omnívoras son más resistentes a las modificaciones del  
282 hábitat por huracanes que las especies frugívoras y nectarívoras (Waide, 1991b; Gannon y  
283 Willig, 1994; Jones et al., 2001). No obstante, la baja muestra del zorrillo en este estudio no  
284 permitió un análisis entre el daño de la vegetación y su abundancia relativa.

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

285           La presencia de brechas o caminos y de elementos puntuales del paisaje como  
286   rejolladas o tasistal fueron factores importantes en la ocurrencia de los carnívoros a resolución  
287   micro y de 700 m, principalmente de los felinos mayores, ya que son usados frecuentemente por  
288   éstos. El uso frecuente de los caminos, como brechas y terracerías, por los felinos mayores ya ha  
289   sido discutido por otros autores (Maffei et al., 2002; Di Bitetti et al., 2006; Weckel et al., 2006).  
290   Weckel et al. (2006), quienes señalan que seguramente los felinos usan los caminos por la misma  
291   razón que nosotros los usamos, para desplazarse más rápido y con menos gasto de energía por el  
292   terreno, mientras que el resto de las especies de carnívoros no los usan de manera frecuente por el  
293   hecho de que aumenten la probabilidad de encontrarse con un competidor o un posible  
294   depredador. Cierta densidad de caminos posiblemente favorezca a los felinos pues al recorrer más  
295   terreno en menos tiempo aumenten la probabilidad de un encuentro con una presa, especialmente  
296   cuando los recursos disminuyen (Dillon y Kelly, 2007). Por otro lado, las rejolladas al ser  
297   concavidades naturales del terreno presentan, a diferencia del resto de la superficie, menor  
298   elevación, suelos más profundos y mayor retención de humedad, por lo que el suelo queda lodoso  
299   y retiene el agua (Sánchez, 1987). Lugares con mayor humedad pueden presentar potencialmente  
300   una mayor disponibilidad de presas (Nuñez, 2006).

301           El puma muestra una tendencia a usar más las áreas de daño medio y menos las áreas  
302   de daño alto, probablemente para disminuir la competencia con el jaguar. El jaguar al ser la  
303   especie dominante (López-González y González-Romero, 1998) obliga al puma a usar áreas de  
304   medio daño, pues el sitio 2 que fue de alto daño presentó una mayor biomasa de presas (148  
305   kg/100 NT) y registró la mayor tasa de captura del jaguar a comparación del sitio 1 de mediano  
306   daño que presentó una menor biomasa de presas (74 kg/100 NT) y registró la mayor tasa de  
307   captura del puma (2.34/100 NT). Los venados, presas comunes a éstos carnívoros, se benefician  
308   de áreas de alto daño, ya sea por un aumento en la productividad de pastos y árboles que se

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

309 benefician por la entrada de luz en los claros provocados por el huracán (Storms et al., 2006) o  
310 por una alta disponibilidad de su alimento que se encontraba en altas cantidades en la copa de los  
311 árboles caídos (Widmer et al., 2004).

312           Ciertas características ecológicas de los animales les permiten enfrentar los cambios  
313 en su hábitat provocados por disturbios. En el caso de los carnívoros, la relación débil o no  
314 detectada entre sus abundancias relativas y el daño a la vegetación por el huracán Dean puede  
315 deberse a dos de sus características ecológicas: su poca especificidad de hábitat y su conducta de  
316 forrajeo oportunista (De la Rosa y Nocke, 2000). Los carnívoros son a menudo considerados  
317 generalistas por su gran capacidad de adaptación a diferentes hábitats e incluso, algunos han  
318 llegado a adaptarse a lugares habitados por los humanos. Además de su poca especificidad de  
319 hábitat, la mayoría de los carnívoros son oportunistas (Garla y Setz, 2001) y algunos son  
320 omnívoros (Valenzuela, 1998) por lo que modifican su dieta sin la necesidad de trasladarse a otro  
321 sitio. En otro tipo de mamíferos, como los primates, que también son omnívoros, se ha reportado  
322 que han simplificado su dieta a componentes alimenticios que eran menos comunes en su dieta  
323 antes del paso de un huracán (mono aullador *A. pigra*: Pavelka y Behie, 2005) y un tifón  
324 (macacos *Macaca fuscata*: Tsuji y Takatsuki, 2008) como respuesta a la baja disponibilidad de  
325 los alimentos que consumían frecuentemente antes del disturbio, incluso en los macacos se  
326 reportó que acortaron su tiempo y distancia de movimientos diarios después del tifón. En el caso  
327 de los carnívoros, si las abundancias relativas y densidades de sus presas fueron afectadas por el  
328 daño a la vegetación debido al huracán y los carnívoros hayan recurrido a cambios en la dieta  
329 ajustándose a la nueva disponibilidad de presas, entonces el efecto del huracán no se notaría en  
330 diferencias en las abundancias relativas de los carnívoros de manera espacial, sino en diferencias  
331 en la dieta antes y después del huracán. Dado que los carnívoros históricamente han estado  
332 sometidos al paso de huracanes, ya que en la región se calcula que este tipo de eventos ocurre

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

333 cada 4 años (Faller-Menéndez et al. 2005), pueden presentar respuestas diferenciales a los  
334 cambios estructurales del hábitat, ya sea de forma conductual o ecológica, que no pudieron ser  
335 registradas por el tiempo ó el tipo de muestreo.

336 Por otro lado, el área de estudio es relativamente homogénea en cuanto a daño del  
337 huracán, pues a la resolución de 5,100 m toda el área de estudio corresponde a daño medio. Esto  
338 puede ser una razón por la que no se detectó una relación fuerte entre la abundancia relativa de  
339 los carnívoros y el daño a la vegetación. En este caso, si el huracán afecta las abundancias  
340 relativas de los carnívoros, esto se detectaría al comparar un área donde domine el daño alto con  
341 un área donde casi no haya sido dañada la vegetación. A escala del daño del huracán, estos sitios  
342 están distanciados de 70 a 100 km, mientras que los sitios del presente estudio están distanciados  
343 en promedio 10 km entre sí.

344 El puma es el que marca la tendencia a usar áreas con parches de vegetación  
345 secundaria en los felinos mayores, pues la mayoría de los datos son del puma y sus mayores tasas  
346 de captura se registraron en el sitio 1 (2.34/100 NT) y el sitio 4 (1.44/100 NT), sitios en los que  
347 aumenta la presencia de parches de vegetación secundaria por estar ubicados cerca de áreas  
348 transitadas (carretera federal a Cancún) o pobladas por los humanos (Felipe Carrillo Puerto). Esto  
349 refleja el hecho de que el puma es más tolerante a la presencia humana que el jaguar (Colchero et  
350 al., 2005a; Chávez, 2006), pues en contraste, la mayor tasa de captura del jaguar se registró en el  
351 sitio 2 (0.65/100 NT) un sitio menos frecuentado por los humanos. Además de la presencia  
352 humana, las relaciones de competencia pueden ayudar a explicar la abundancia relativa de las  
353 especies en el área de estudio: en el caso del ocelote, sus tasas de captura más altas se registraron  
354 en los sitios donde uno de los felinos mayores no se detectó (sitio 1 y 3).

355 También es importante distinguir entre intensidad y severidad de un disturbio (Sousa,  
356 1984; Pickett y White, 1985). Por ejemplo, el mapa de daño brinda información objetiva sobre la

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

357 intensidad del daño del huracán que se basó en cambios sobre un aspecto del sistema  
358 (principalmente en cambios en el área foliar), pero la severidad está en función de la magnitud  
359 del estrés puesto en los organismos según cada intensidad. Un organismo puede percibir el daño  
360 de manera muy diferente o incluso percibir ningún daño de acuerdo a sus hábitos y a la escala  
361 que realice cada una de sus actividades. Existe la posibilidad que los carnívoros no detecten el  
362 daño de la misma manera a cómo está construido en el mapa, sino en otros aspectos de su  
363 biología o ecología, que no fueron medidos en el presente trabajo

364           En conclusión, el presente trabajo es de los primeros estudios que relaciona el uso de  
365 hábitat de especies de carnívoros con alteraciones de su hábitat por un disturbio de gran magnitud  
366 como un huracán. Aunque existe una tendencia de las especies a aumentar su abundancia relativa  
367 en las áreas con menor daño a la vegetación, posiblemente otros factores como el tipo de  
368 vegetación, las relaciones de competencia y la presencia humana tengan más peso en explicar el  
369 uso de hábitat por las especies de carnívoros en el área de estudio, que la alteración del hábitat  
370 por el huracán Dean.

371

### **372 Agradecimientos**

373           Agradecemos a Fernando Colchero, Marco Millones y Holger Weissenberger por la  
374 información proporcionada para la evaluación de las características del hábitat y construcción de  
375 mapas en el sistema de información geográfica, así como a Gerald Islebe por sus valiosos  
376 comentarios para mejorar el presente artículo. Estamos en deuda con Alejandro y Margarito Tuz  
377 Novelo y familia por su apoyo y hospitalidad en las salidas de campo. Muchas gracias al  
378 Proyecto EDGY (Universidad de Rutgers, de Clark y de Virginia en E.U. y ECOSUR en México)  
379 por proporcionarnos el mapa de daño a la vegetación por el huracán Dean (2007). Gracias a  
380 CONACYT (beca 213436 a MHD). El programa COMPACT del Fondo para el Medio Ambiente

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

381 Mundial (FMAM), IDEA WILD y ECOSUR apoyaron con financiamiento y logística a PJRB y  
382 SC.

383

### **Literatura citada**

385 Chávez, C. 2006. Ecología poblacional y conservación del Jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva  
386 de la Biósfera Calakmul, Campeche. Tesis Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional  
387 Autónoma de México. México, D.F. 63 p.

388 Colchero, F., D. A. Conde, C. Manterola, A. Rivera y S. L. Pimm 2005a. Jaguar habitat  
389 conservation in the Mayan Forests of Mexico. Informe técnico. National Fish and Wildlife  
390 Foundation. 20 p.

391 Colchero, F., D. A. Conde, C. Manterola y A. Rivera. 2005b. “Clasificación de vegetación y uso  
392 de suelo para el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo”. Escala 1:250,000. Extraído del  
393 proyecto BJ006 Evaluación y diseño del corredor Sian Ka’an–Calakmul con base en el modelaje  
394 espacial del estado de conservación del hábitat de jaguar (*Panthera onca*) y su relación con la  
395 historia de uso de suelo.

396 De la Rosa, C. L. y C. C. Nocke. 2000. A guide to the carnivores of Central America. University  
397 of Texas Press, Austin, Texas. 262 p.

398 De Oliveira, T. G. 1998. *Leopardus wiedii*. Mammalian species 579:1-6.

399 Di Bitetti, M. S., A. Paviolo y C. De Angelo. 2006. Density, habitat use and activity patterns of  
400 ocelots (*Leopardus pardalis*) in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina. Journal of Zoology  
401 270:153-163.

402 Dillon, A. y M. J. Kelly. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing  
403 and distance moved on density estimates. Oryx 41:469-477.



## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

- 404 Dillon, A. y M. J. Kelly. 2008. Ocelot home range, overlap and density: comparing radio  
405 telemetry with camera trapping. *Journal of Zoology* 275:391-398.
- 406 Emmons, L. H. 1988. A field study of ocelots (*Felis pardalis*) in Peru. *Revue d'Écologie (Terre et*  
407 *Vie)* 43:133-157.
- 408 Faller-Menéndez, J. C., T. Urquiza-Haas, C. Chávez, S. Jonson y G. Ceballos. 2005. Registros  
409 de Mamíferos en la Reserva Privada El Zapotal, en el Noreste de la Península de Yucatán.  
410 *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:128-140.
- 411 Gaillard, J. M., P. Duncan, D. Delorme, G. Van Laere, N. Pettorelli, D. Maillard y G. Renaud.  
412 2003. Effects of hurricane Lothar on the population dynamics of European Roe Deer. *Journal of*  
413 *Wildlife Management* 67:767-773.
- 414 Gannon, M. R. y M. R. Willig. 1994. The effects of hurricane Hugo on bats of the Luquillo  
415 Experimental forest of Puerto Rico. *Biotropica* 26:320-331.
- 416 Garla, R. C., E. Z. F. Setz y N. Gobbi. 2001. Jaguar (*Panthera onca*) food habits in atlantic rain  
417 forest of southeastern brazil. *Biotropica* 33:691-696.
- 418 Goldenberg, S. B., C. W. Landsea, A. M. Mestas-Nuñez y W. M. Gray. 2001. The recent increase  
419 in Atlantic hurricane activity: causes and implications. *Science* 293:474- 479.
- 420 Grant, G. S., P. Craig y P. Trail. 1997. Cyclone-induced shift in foraging behavior in flying foxes  
421 in American Samoa. *Biotropica* 29:224-228.
- 422 Heilbrun, R. D., N. J. Silvy, M. J. Peterson y M. E. Tewes. 2006. Estimating bobcat abundance  
423 using automatically triggered cameras. *Wildlife Society Bulletin* 34: 69-73.
- 424 Islebe, G. A. 1998. Vegetación. *Enciclopedia de Quintana Roo*. Xacur M.J. (ed.) Tomo 8.  
425 Quintana Roo. México. p. 337-334

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

- 426 Jones, K. E., K. E. Barlow, N. Vaughan, A. Rodríguez-Durán y M. R. Gannon. 2001. Short-term  
427 impacts of extreme environmental disturbance on the bats of Puerto Rico. *Animal Conservation*  
428 4:59-66.
- 429 Kelly, M. J. y E. L. Holub. 2008. Camera trapping of carnivores: trap success among camera  
430 types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County,  
431 Virginia. *Northeastern naturalist* 15:249-262.
- 432 Labisky, R. F., K. E. Miller y C. S. Hartless. 1999. Effect of hurricane Andrew on survival and  
433 movements of white-tailed deer in the Everglades. *The Journal of Wildlife Management* 63:872–  
434 879.
- 435 López-González, C. A. y A. González-Romero. 1998. A síntesis of current literature and  
436 knowledge about the ecology of the Puma (*Puma concolor* Linnaeus). *Acta Zoologica Mexicana*  
437 75:171-190.
- 438 Lugo, A. E. 2008. Visible and invisible effects of hurricanes on forest ecosystems: an  
439 international review. *Austral Ecology* 33:368-398.
- 440 Lynch, J. F. 1991. Effects of Hurricane Gilbert on Birds in a dry tropical forest in the Yucatan  
441 Península. *Biotropica* 23: 488-496.
- 442 Maffei, L., E. Cuéllar y A. J. Noss. 2002. Uso de trampas-cámara para la evaluación de  
443 mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación*  
444 *Ambiental* 11:55-65.
- 445 Matyas, C. J., L. Fernández-Salvador y S. Calmé. 2008 Tree damage in Quintana Roo México  
446 caused by hurricane Dean (2007). Reporte presentado a la National Science Foundation Small  
447 Grant for Exploratory Research. 5 p.
- 448 Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Posgraduados. Chapingo,  
449 México. 271 p.

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

- 450 Murray, J. L. y G. L. Gardner. 1997. *Leopardus pardalis*. Mammalian species 548:1-10.
- 451 Nuñez Pérez, R. 2006. Área de actividad, patrones de actividad y movimiento del jaguar  
452 (*Panthera onca*) y del Puma (*Puma concolor*) en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala,  
453 Jalisco. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México,  
454 Michoacán. 110 p.
- 455 Orellana, L. R., K. Balam, R. I. Bañuelos, A. J. García de Miranda, A. J. González-Iturbe, C. F.  
456 Herrera y J. Vidal. 1999. Evaluación climática. In Atlas de procesos territoriales de Yucatán,  
457 Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán. p. 163-182.
- 458 Ostertag, R., W. L. Silver y A. E. Lugo. 2005. Factors Affecting Mortality and Resistance to  
459 Damage Following Hurricanes in a Rehabilitated Subtropical Moist Forest. Biotropica 37:16-24.
- 460 Pavelka, M. S. M. y A. M. Behie. 2005. The effect of hurricane Iris on the food supply of Black  
461 Howlers (*Alouatta pigra*) in Southern Belize. Biotropica 37:102-108.
- 462 Pavelka, M. S. M., O. T. Brusselers, D. Nowak y A. M. Behie. 2003. Population reduction and  
463 social disorganization in *Alouatta pigra* following a hurricane. International Journal of  
464 Primatology 24: 1037- 1055.
- 465 Pickett, S. T. A y White P. S. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics.  
466 Academic Press, San Diego, California. 472 p.
- 467 Pozo de la Tijera, C. y J. E. Escobedo-Cabrera 1999. Mamíferos terrestres de la Reserva de la  
468 Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical 47:251-262.
- 469 Pries, A. J., L. C. Branch y D. L. Miller. 2009. Impact of hurricanes on habitat occupancy and  
470 spatial distribution of beach mice. Journal of Mammalogy 90: 841-850.
- 471 Putz, F. E., P. D. Coley, K. Lu, A. Montalvo y A. Aiello. 1983. Uprooting and snapping of trees-  
472 structural determinants and ecological consequences. Canadian Journal of Forest Research  
473 13:1011-1020.

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

- 474 Rabinowitz, A. R. y B. G. Jr Nottingham. 1986. Ecology and behaviour of the jaguar (*Panthera*  
475 *onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210: 149- 159.
- 476 Rogan, J., L. Schneider, Z. Christman, M. Millones, D. Lawrence y B. Schmook. 2010.  
477 Hurricane Detection using MODIS EVI data in Southern Yucatán, Mexico. Reporte presentado a  
478 la Fundación Moore.
- 479 Sánchez, S. O. 1987. Estructura y composición de la selva mediana subperennifolia presente en el  
480 Jardín Botánico del CIQRO, Puerto Morelos, Q.R. Tesis, Facultad de Biología, Universidad  
481 Veracruzana, Xalapa, México. 73 p.
- 482 Sánchez, S. O. y G. A. Islebe. 1999. Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest  
483 in south-eastern Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 8:29-38.
- 484 Seymour, K. L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian Species*. 340:1-9.
- 485 Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual review of Ecology*  
486 *and Systematics* 15:353-391.
- 487 Storms, D., S. Said, H. Fritz, J. L. Hamann, C. Saint-Andrieux y F. Klein. 2006. Influence of  
488 hurricane Lothar on red and roe deer winter diets in the Northern Vosges, France. *Forest Ecology*  
489 *and Management* 237:164-169.
- 490 Tanner, E. V. J., V. Kapos y J. R. Healey 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the  
491 Caribbean. *Biotropica* 23: 513-521.
- 492 Tsuji, Y. y S. Takatsuki. 2008. Effects of a Typhoon on foraging behavior and foraging success  
493 of *Macaca fuscata* on Kinkazakn Island, Northern Japan. *Int Journal of Primatology* 29:1203-  
494 1217.
- 495 Valenzuela, D. 1998. Natural history of the white-nosed coati *Nasua narica*, in a tropical dry  
496 forest of western México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 3:26-44.

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

- 497 Valenzuela, D. y G. Ceballos. 2000. Habitat selection, home range, and activity of the White-  
498 nosed coati (*Nasua narica*) in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Mammalogy* 81:810-819.
- 499 Vilella, F. J. y J. H. Fogarty. 2005. Diversity and abundance of forest frogs (Anura:  
500 Leptodactylidae) before and after Hurricane George in the Cordillera Central of Puerto Rico.  
501 *Caribbean Journal of Science* 41:157-162.
- 502 Waide, R. B. 1991a. Summary of the response of animal populations to hurricanes in the  
503 Caribbean. *Biotropica* 23:508-512.
- 504 Waide, R. B. 1991b. The effect of Hurricane Hugo on bird populations in the Luquillo  
505 Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica* 24:475-80.
- 506 Walker, L. R., D. J. Lodge, N. V. Brokaw y R. B. Waide. 1991. An introduction to hurricanes in  
507 the Caribbean. *Biotropica* 23:313-316.
- 508 Waring, R. H., N.C. Coops, W. Fan, J.M. Nightingale. 2006. MODIS enhanced vegetation index  
509 predicts tree species richness across forested ecoregions in the contiguous USA. *Remote Sensing*  
510 *of Environment* 103: 218-226.
- 511 Weckel, M., W. Giuliano y S. Silver. 2006. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution  
512 of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology* 270: 25-30.
- 513 White, T. H. Jr., J. A. Collazo, F. J. Vilella y S. A. Guerrero. 2005. Effects of hurricane Georges  
514 on habitat use by captive-reared hispaniolan parrots (*Amazona ventralis*) released in the  
515 Dominican Republic. *Ornitologia Neotropical* 16:405-417.
- 516 Widmer, O., S. Said, J. Miroir, P. Duncan, J.M. Gaillard y F. Klein. 2004. The effects of  
517 hurricane Lothar on habitat use of roe deer. *Forest Ecology and Management* 195: 237-242.
- 518 Wunderle, J. M. Jr, J. E. Mercado, B. Parresol y E. Terranova 2004. Spatial ecology of puerto  
519 rican boas (*Epicrates inornatus*) in a hurricane impacted forest. *Biotropica* 36:555-571.
- 520

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

521

522 **Cuadro 1.** Número de eventos y abundancia relativa de las especies fotocapturadas por sitio.

Sitio	Evento(n)	Grupos de especies y especies individuales										
		IAR	Carnívoros	Felinos mayores	Felinos menores	Tigrillo	Ocelote	Puma	Jaguar	Coatí	Zorrillo	Zorra
Sitio 1	n		20	8	8	2	6	8	0	3	1	0
	IAR		5.86	2.34	2.34	0.58	1.75	2.34	0	0.87	0.29	0
Sitio 2	n		14	3	2	1	1	1	2	7	2	0
	IAR		4.60	0.98	0.65	0.32	0.32	0.32	0.65	2.30	0.65	0
Sitio 3	n		16	1	4	1	3	0	1	7	1	3
	IAR		4.61	0.28	1.15	0.28	0.86	0	0.28	2.01	0.28	0.86
Sitio 4	n		20	5	3	2	1	4	1	11	1	0
	IAR		7.24	1.81	1.08	0.72	0.36	1.44	0.36	3.98	0.36	0
Total	n		70	17	17	6	11	13	4	28	5	3

535 IAR. Índice de abundancia relativa expresado en número de capturas por 100 noches-trampas por unidad de superficie (100 km<sup>2</sup>).

536

537

538

539

540

541 **Cuadro 2.** Modelos significativos de regresión logística de la relación entre ocurrencia de las  
542 especies y las características de las estaciones a la resolución micro.

Grupo de especies o especies	Ocurrencia (n)	Variables independientes	P (Wald)	Ajuste del modelo (-2LL)	R <sup>2</sup> Cox y Snell	Clasificación correcta (%)	Parámetro estimado (B)
Felinos mayores	13	Localización	0.001	59.076	0.12	38.5	-2.474
Puma	10	Vegetación	0.001	49.798	0.11	30	-3.280

548

549 **Cuadro 3.** Modelos significativos de regresión lineal de la relación entre el IAR de las especies y  
550 las características del hábitat a la resolución de 700 m.

Grupo de especies o especies	Variables independientes	n	Coefficientes de regresión (r)	P(r=0)	R	R <sup>2</sup>	P(R=0)	Pendiente
Carnívoros	Número de brechas	34	0.359	0.019	0.359	0.129	0.037	2.288
Ocelote	Número de brechas	9	0.725	0.014	0.725	0.526	0.027	2.044
Puma	% área de daño medio	10	0.686	0.014	0.686	0.471	0.028	5.527

557

**Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

558 **Cuadro 4.** Modelos significativos de regresión lineal de la relación entre el IAR de las especies  
 559 y las características del hábitat a la resolución de 1,700 m.

560 Grupo de	Variables	n	Coefficientes	P(r=0)	R	R <sup>2</sup>	P(R=0)	Pendiente
561 especies o	independientes		de regresión					
562 especies			(r)					
563 Carnívoros	% de área de daño medio	34	0.385	0.012	0.385	0.148	0.025	5.602
564 Felinos mayo	% de área de vegetación	13	0.687	0.005	0.687	0.472	0.009	53.245
565	secundaria							
566 Puma	% de área de daño alto	10	-1.817	0.010	0.807	0.652	0.025	-19.052
567	% de área de selva mediana		-1.874	0.009				-88.573
568 Coatí	% de área de vegetación	18	0.552	0.009	0.552	0.304	0.018	61.170
569	secundaria							

570

571

572

573

574 **Figura 1.** Localización de las estaciones, uso de suelo y vegetación en el área de estudio. Se  
 575 señala la trayectoria del Huracán Dean y la ubicación del área de estudio sobre Quintana Roo en  
 576 el recuadro superior izquierdo. Modificado de Colchero et al. (2005b).

577 **Figura 2.** Daño a la vegetación por el Huracán Dean (2007) según los valores de dEVI altos,  
 578 medianos y bajos. Modificado de Rogan et al. (2010).

579 **Figura 3.** Porcentaje de árboles dañados por parcela en cada sitio. Los daños corresponden a  
 580 ramas rotas, árboles descopados, tronco roto e inclinados con o sin raíz expuesta.



Figuras.

Figura 1.

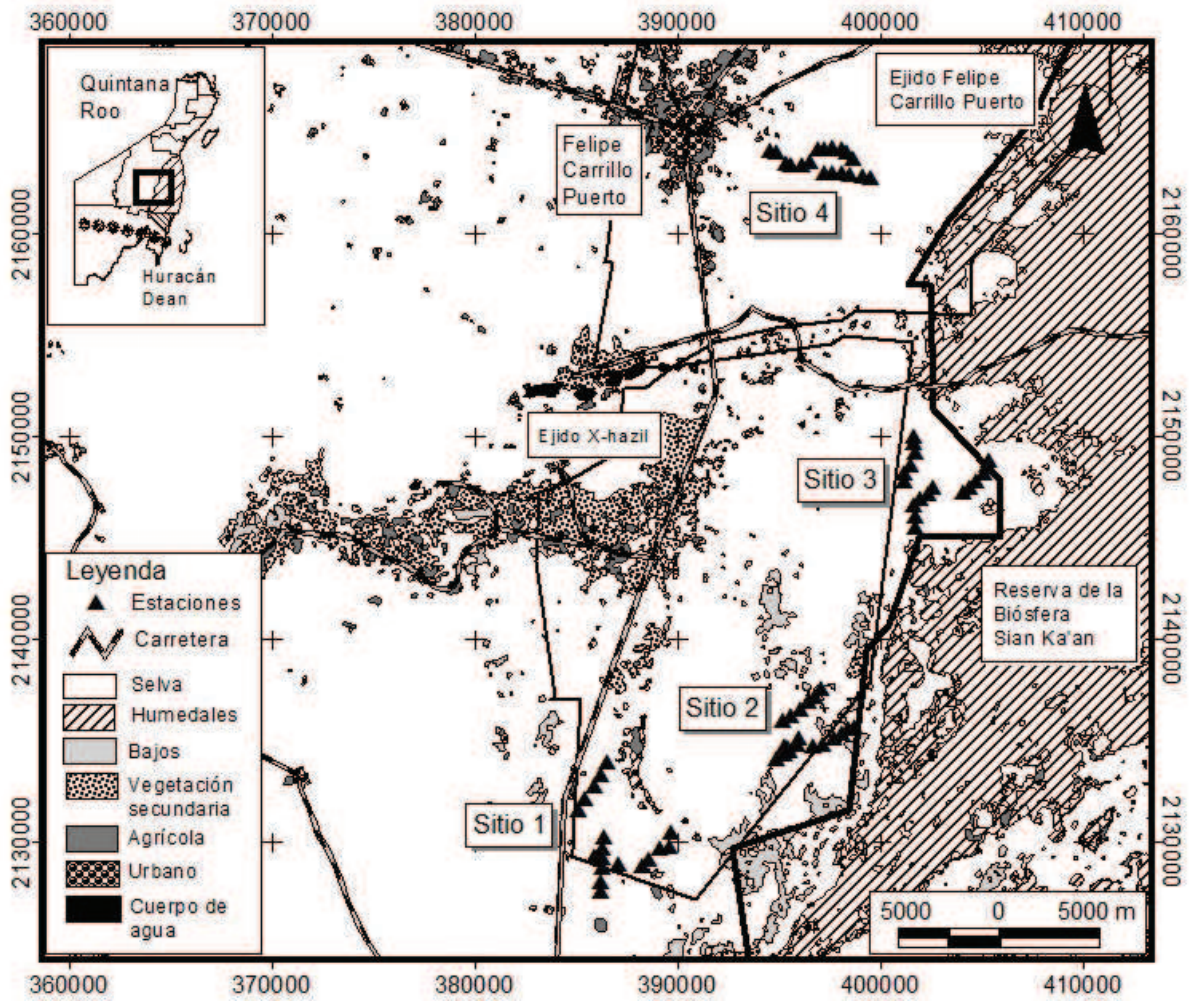




Figura 2.

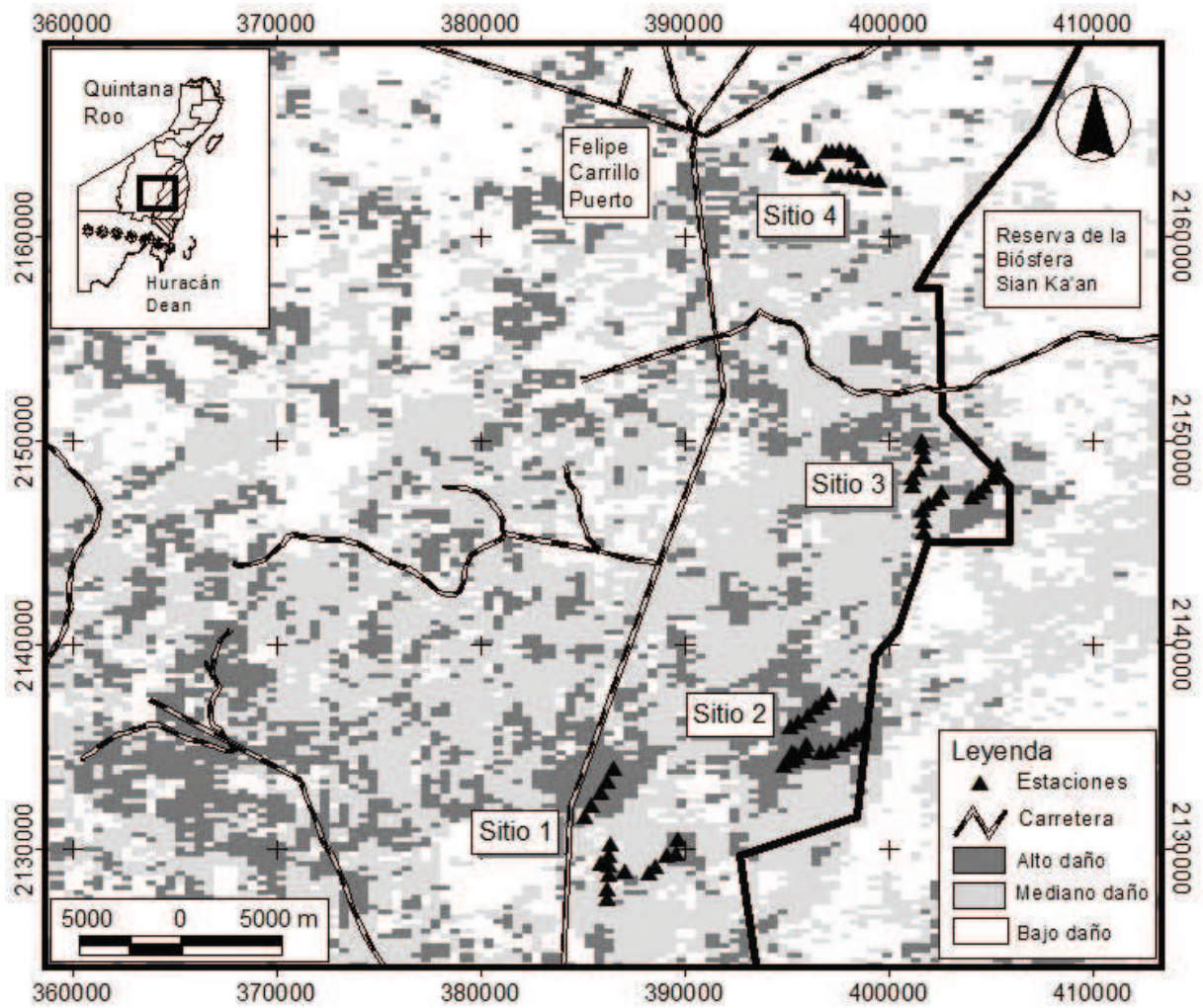
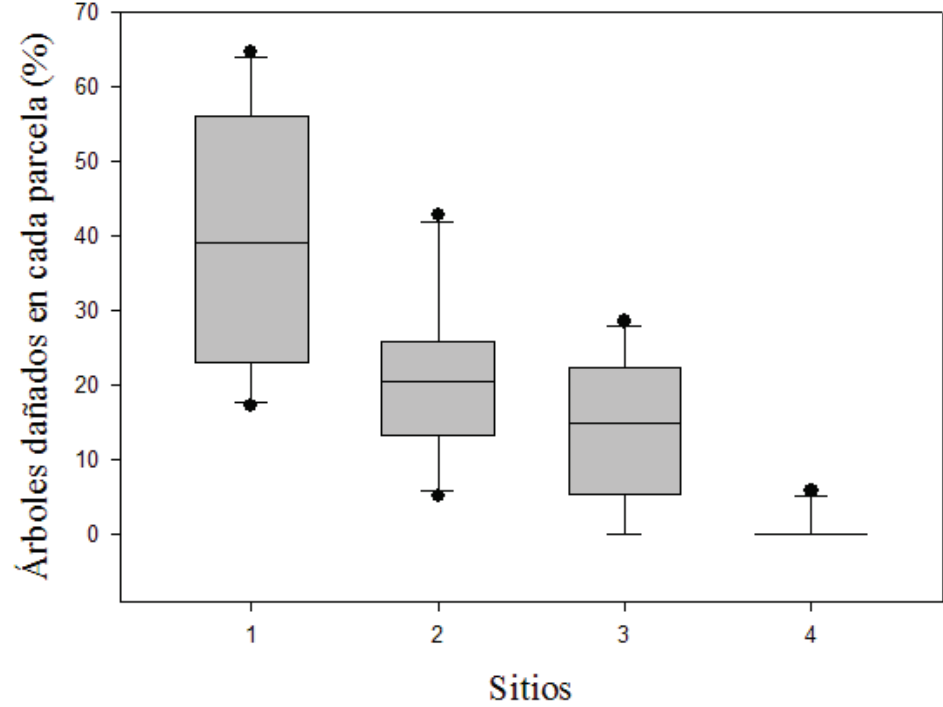


Figura 3.



## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

### **Instructivo para autores Revista Mexicana de Biodiversidad**

**Condiciones de aceptación.** Los manuscritos se recibirán en el entendido de que todos los autores están de acuerdo con su publicación. Los resultados o ideas contenidas en los trabajos deberán ser originales, es decir, que no habrán sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista para su publicación. Tanto los artículos como las notas serán evaluados, al menos, por 2 árbitros anónimos seleccionados por el editor asociado.

**Cargos por derecho de página.** Las primeras 6 páginas impresas no generarán cargos para los autores; se cobrará \$XX.xx por cada una de las páginas adicionales.

**Proceso editorial.** Los trabajos rechazados no podrán reconsiderarse. Cuando el trabajo haya sido aceptado, el manuscrito con los dictámenes de los revisores se enviará a los autores para realizar las modificaciones pertinentes. Si la versión corregida no fuera devuelta en los 6 meses posteriores a la recepción de la revisión, se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación.

#### **Tipos de publicaciones**

**Artículos en extenso.** Son trabajos originales en español o inglés, sobre sistemática, biogeografía, ecología y/o evolución de taxones americanos.

**Listados científicos.** Se recibirán listados de especies que incluyan un análisis detallado de la información presentada, siempre y cuando éstos incluyan registros nuevos para la región.

**Notas científicas.** En este formato se publican trabajos cuya extensión no sobrepase 5 cuartillas, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso; no se aceptarán resultados preliminares. Se considerarán registros nuevos de especies, siempre y cuando se justifique su relevancia ecológica o de impacto como especies invasoras.

**Revisiones de libros.** Se publicarán reseñas de libros de aparición reciente.

**Puntos de vista.** Manuscritos cortos (no más de 5 cuartillas) en donde el autor exprese su opinión acerca de temas biológicos de actualidad, siempre que esté sustentada en literatura científica reciente.

**Artículos de revisión.** Se publicarán trabajos que revisen el estado del conocimiento de temas biológicos de actualidad.

**Obituarios.** Se publicarán obituarios de biólogos distinguidos.

#### **Instrucciones para los autores**

Los manuscritos se enviarán en su versión electrónica como anexos a un mensaje de correo electrónico, o bien, grabados en disco compacto a la oficina editorial: Instituto de Biología, UNAM, Revista Mexicana de Biodiversidad. Apartado postal 70-153, C.P. 04510 México, D.F. .

Tel. (5255) 56 22 91 67; Fax. (5255) 55 50 01 64.

Correo electrónico: vleon@ibiologia.unam.mx; aarizmen@ibiologia.unam.mx

**Antes de someter un manuscrito** a la Revista Mexicana de Biodiversidad, el autor deberá cerciorarse de haberlo preparado de acuerdo con las normas editoriales. Para facilitar su seguimiento, deberá cotejarse

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

el manuscrito con esta lista de instrucciones, marcando cada uno de los círculos cuando se haya seguido la instrucción. La lista marcada deberá enviarse junto con el manuscrito y será requisito para que el trabajo sea enviado a revisión.

O Si el manuscrito está escrito en inglés y los autores no son anglo-parlantes, un experto deberá revisar el uso del lenguaje antes de enviarse a la revista. Se recomienda American Journal Experts (<http://www.journalexerts.com/>).

O El manuscrito deberá acompañarse de una carta de presentación en la que se detalle la relevancia de la investigación y la pertinencia de su publicación en esta revista.

O El manuscrito se enviará en formato Word o RTF; los cuadros deberán incluirse al final del texto y las figuras se enviarán en un archivo separado.

O El texto deberá escribirse a doble espacio con todos los márgenes de 25 mm como mínimo.

O La letra deberá ser tipo Times New Roman de 12 puntos a lo largo de todo el manuscrito.

O Deberá dejarse una sangría de 2 cm al inicio de cada párrafo.

O Las palabras no irán separadas en sílabas al final del renglón, ni se justificará el margen derecho.

O No se dejará espacio extra entre párrafos.

O Los renglones del texto y cuadros deberán numerarse consecutivamente.

### **Nombres científicos**

O Los nombres científicos se escribirán completos la primera vez que se utilicen en el texto.

Subsecuentemente, el nombre genérico se abreviará, excepto cuando aparezca al principio de una oración.

O Los nombres científicos deberán escribirse en cursivas, no subrayados.

O Las autoridades y fechas son indispensables sólo en los trabajos de sistemática. En estos casos, sólo se anotarán la primera vez que se mencione el nombre de la especie en el resumen y en el texto.

O Los manuscritos deberán apegarse al Código Internacional de Nomenclatura.

O Los autores y fechas citados como autoridades de nombres científicos no deberán incluirse en la sección de literatura citada.

**Artículos en extenso.** Los manuscritos deberán escribirse en el formato que a continuación se detalla:

O Las páginas deberán numerarse consecutivamente, iniciando con la página del título.

O *Cornisa o encabezado de página.* En negritas, al inicio de la primera página, escribir el apellido de los autores (usar et al. para más de 2) y un título corto del trabajo, que no debe exceder de 60 espacios, incluyendo los blancos; por ejemplo, **Gutiérrez et al.- Hirudinidae del Pacífico mexicano.**

O *Título.* A continuación, aparecerá el título del artículo en español al inicio del margen izquierdo y en negritas; en renglón aparte, la versión del título en inglés. Si el manuscrito está en inglés, el título en este idioma aparecerá en primer lugar.

O El título debe ser breve y descriptivo; no contendrá nombres de autoridades ni fechas de los nombres científicos.

## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

- O En el título, se escribirán con letra los números menores a 11; para el resto del texto usar símbolos numéricos para toda cifra, excepto al inicio de la oración en donde se escribirá con letra.
- O No se aceptarán trabajos numerados presentados como parte de una serie.
- O A continuación, se proporcionarán los nombres de los autores, sin negritas, escribiéndolos al inicio del margen izquierdo de un nuevo renglón, indicando con un asterisco el nombre del autor a quien se enviará la correspondencia.
- O En seguida y en un nuevo renglón se indicarán las direcciones, incluyendo la dirección electrónica del autor para correspondencia. Las direcciones se relacionarán con los nombres de los autores utilizando números en superíndice.
- O *Resumen*. Debe escribirse un resumen que no exceda de 200 palabras, en idioma español, que contenga objetivo, métodos utilizados, conclusiones e importancia del trabajo.
- O Esta sección se iniciará con la palabra “Resumen” al margen izquierdo, con letras negritas y seguida de punto. El texto deberá iniciarse inmediatamente después, en un solo párrafo, sin subdivisiones y sin citas bibliográficas.
- O *Palabras clave*. En línea aparte, proporcionar un máximo de 8 palabras clave, que no estén incluidas en el título.
- O *Abstract*. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen, así como de las palabras clave (key words), presentados en la misma forma que en español.
- O *Introducción*. El título para esta sección, -así como para las de Materiales y métodos, Resultados, Discusión y Agradecimientos- deberá escribirse en negritas, al inicio del margen izquierdo de la página (sin sangría).
- O El texto de esta sección debe escribirse sin subdivisiones. En las secciones subsecuentes puede subdividirse; los subtítulos deben ir en cursivas, sin negritas y el texto iniciar en el mismo renglón.
- O *Materiales y métodos*. Esta sección deberá proporcionar la información suficiente para permitir la repetición del estudio.
- O *Resultados*. El texto contendrá información nueva y concisa.
- O Los datos que se presenten en cuadros y figuras no deben repetirse en el texto.
- O Evítese detallar métodos e interpretar resultados en esta sección.
- O En los trabajos taxonómicos, el subtítulo “Resultados” se sustituye por “Descripción”.
- O Igualmente sin sangría, se inicia el renglón con el nombre científico del taxón en cursivas, con autoridades, fecha y si es el caso, referencia a figuras.
- O En el siguiente renglón, se inicia el texto de la descripción; seguirá a la descripción un “Resumen taxonómico”, que incluye, localidad, número de acceso de la colección donde se han depositado los ejemplares y, en el caso de especies nuevas, etimología.
- O En la sección denominada “Comentarios taxonómicos”, que reemplaza la Discusión de otros artículos, se comparan taxones similares o relacionados. Esta secuencia de subsecciones se repite para cada taxón.

## Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean

O Si en los manuscritos taxonómicos la Descripción no incluye todos los resultados, ésta se incorporará a la sección normal de Resultados.

O Para el caso de descripción de nuevas especies, deberá depositarse el tipo o paratipos de los nuevos taxa en las Colecciones Biológicas Nacionales, albergadas por el Instituto de Biología de la UNAM.

O Para el caso de los ejemplares depositados en museos, se requiere indicar los números de acceso para el material tipo y ejemplares consultados (*vouchers*). Para el caso de tejidos congelados depositados en museos así como de secuencias de ADN depositadas en bases de datos, se deberán incluir también los números de acceso.

O Indíquese el número del permiso de recolecta de los ejemplares cuando sea pertinente.

O *Discusión*. En esta parte se incluirá una interpretación y una explicación de la relación entre los resultados y los conocimientos previos sobre el tema.

O *Agradecimientos*. Deberán ser concisos. La ética requiere que se consulte previamente a los colegas cuyos nombres se desee incluir en esta sección.

O *Literatura citada*. Se listará alfabéticamente.

O Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa.

O No se aceptarán citas de estudios o registros no publicados.

O En el texto se citará de la siguiente manera:

(Aguilar, 2000) o Aguilar (2000)

(Aguilar y Camacho, 2001) o Aguilar y Camacho (2001)

(Aguilar et al., 2002) o Aguilar et al. (2002)

(Juárez, 1954; Aguilar, 2000) —en orden cronológico—

(Juárez, 1954; Aguilar, 2000; Méndez, 2000) —cronológico y alfabético en el mismo año—

(Juárez, 1954, 1960, 1960a, 1960b)

O En la sección de Literatura citada, las citas que aparezcan en el texto, se anotarán en orden alfabético según los ejemplos que se dan a continuación:

Artículo en revista:

Brailovsky, H. y A. Camacho. 2003. Especies nuevas de *Nematopus* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae: Nematopodini) centro y sudamericanas. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 74:135-152.

Libro

Felsenstein, J. 2003. *Inferring Phylogenies*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts. 664 p.

Capítulo en libro

Hillis, D. M., B. K. Mable, A. Larson, S. K. Davies y E. A. Zimmer. 1996. Nucleic acids IV: Sequencing and cloning. *In* *Molecular systematics*, D. M. Hillis, C. Moritz y B. K. Mable (eds.). Sinauer, Sunderland, Massachusetts. p. 321-383.

Tesis



## **Hernández-Díaz Malú et al.- Carnívoros y Huracán Dean**

Paredes, E. L. 2000. Fauna helmintológica de *Rana vaillanti* en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 69 p.

O Es necesario notar que los títulos de las revistas no se abrevian y que hay espacios entre las iniciales.

O *Llamadas y notas*. No se permite el uso de llamadas con notas a pie de página en el texto. En los cuadros pueden incluirse directamente en el que corresponda.

O *Cuadros*. La inclusión de cuadros deberá limitarse a casos en que los datos no puedan incorporarse adecuadamente en el texto.

O Se incluirán al final del texto (después de la sección de literatura citada), se numerarán consecutivamente y en esa misma secuencia se referirán en el texto.

O El encabezado de cada cuadro se incluirá en la parte superior de éste.

O Se evitarán las líneas horizontales en el cuerpo del cuadro; las líneas verticales no están permitidas, y el diseño se hará de manera que no rebase los márgenes de una sola página. No se aceptarán foto-reducciones.

O *Figuras*. Las figuras deberán numerarse siguiendo la secuencia con la que se mencionan en el texto y se enviarán separadamente en un solo archivo en formato PDF o Word, en baja resolución, con la primera versión del trabajo.

O Se recibirán figuras en blanco y negro; las figuras a color generarán un cargo para el autor.

O Todos los pies de figura se agruparán en forma de párrafos, en el orden que están numerados, en la última página del manuscrito. Se iniciará cada párrafo con la palabra "Figura" y el número correspondiente en negritas.

O No es necesario enviar los originales de las figuras la primera vez que se somete a revisión un manuscrito, sin embargo las copias deberán tener la calidad suficiente para que los revisores puedan evaluar la figura. Se requerirán los originales cuando el manuscrito haya sido aceptado para su publicación. Sólo entonces, en su caso, se enviará la versión electrónica de las figuras en formato TIFF con una resolución de 600dpi si se trata de fotografías, y de 1200dpi si son dibujos, gráficas o mapas.

### **Notas científicas.**

O Al igual que los artículos en extenso, las notas deben incluir cornisa, títulos en español/inglés, nombres de autores y sus datos, un resumen en español y su versión en inglés, así como las palabras clave.

Agregar antes de títulos la leyenda Nota científica como renglón aparte.

O El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre párrafos.

O Los agradecimientos se pondrán como último párrafo, sin encabezado.

O La literatura citada, cuadros y figuras deberán seguir el mismo formato que en los artículos en extenso.

**Ilustración de portada.** Se invita a los autores a enviar fotografías relacionadas con el tema de su manuscrito, para que participen en el proceso de selección de la ilustración que se publicará en la portada del número correspondiente.