



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División de Desarrollo Sustentable**

**FILOGEOGRAFÍA DEL MAPACHE ENANO *Procyon pygmaeus*  
Merriam, 1901 (Mammalia: Carnivora: Procyonidae), EN LA ISLA  
DE COZUMEL, QUINTANA ROO, MÉXICO**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de  
LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

**Presenta**

**YANECSI PAREDES BARRADAS**

Dra. Marilú López Mejía

Directora de Tesis

**Cozumel, Q. Roo, 8 de noviembre de 2016**



División de Desarrollo Sustentable

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité de Tesis del programa de licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:


LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

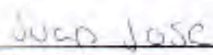
Directora:

  
Dra. Marilú López Mejía

Asesor:

  
M. en C. José Guadalupe Chan Quijano

Asesor:

  
Lic. MRN Juan José Chi Chichín

Cozumel, Q. Roo, México, a 8 de noviembre de 2016

## DEDICATORIA

**Se las dedico a mis papas por todo su apoyo y comprensión durante el proceso de mi tesis, me tarde mucho pero al fin la termine, gracias papis.**

**A mi sobrina hermosa Inna Lorelei quien es mi alegría de todos los días.**

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme permitido terminar una meta más en mi vida.

A mis papas por tener la paciencia de esperar que terminara mi trabajo, aunque ya estaban desesperados porque ya terminara jejeje.

Muchas gracias Dra. Marilú por toda su ayuda en este trabajo que nos costó mucho terminar, pero al final lo logramos! Gracias por todos sus consejos y observaciones en la tesis, por su amistad que me brindo.

A mis asesores el MC. José Guadalupe Chan Quijano y el Lic. MRN Juan José Chi Chiclin por sus observaciones en la tesis.

Gracias a la Fundación de Parques y Museos de la isla por haberme permitido hacer mis muestreos en el Parque Punta Sur y la zona Arqueológica de San Gervasio. Igualmente a CAPA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado) por todas sus atenciones brindadas.

Gracias a mis compañeros de la licenciatura por todo el apoyo que me brindaron en campo a Leonel Rodríguez Pacheco, Joel Vivas Vázquez, Pedro Arias, Alfredo, Margarita Salgado, Alejandro Flota. A mis estudiantes de la secundaria Montessori Bech io Jesús Franco Salgado e Iván Orlando Villanueva Loeza.

Al veterinario Iván Aguilar por su apoyo en campo en la contención física y química del mapache.

A mis amigas Julia Elizabeth y Anne por su apoyo y ánimos que me dieron durante la realización de mi tesis, me ayudaron mucho cuando ya me quería rendir y dejar la tesis. Muchas gracias!

Gracias a mi familia por todo su apoyo y ánimos a mi tía Kerén, a mi abue Reyna, a mis primos Leydi, Arjenis, Viky y Ángel, especialmente a mis primos Iván y Karen (la gorda) por sus ánimos y sabios consejos que me ayudaron a salir adelante, con los que me voy de antro cada vez que vienen de visita a Cozumel jejeje.

A mi hermano Víctor por su apoyo moral, aunque me fastidiaba que cuando iba a terminar jejeje después de tanto tiempo manito por fin la termine☺.

Le agradezco a mi amigo Ricardo por su apoyo en campo, cuando me desanimaba tú me dabas ánimos y consejos para salir adelante con la tesis, siempre tuviste el consejo acertado en verdad te lo agradezco mucho.

Muchas gracias a todos sin ustedes no lo hubiera logrado.

---

## CONTENIDO

<b>Resumen.....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>14</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>Área de estudio.....</b>	<b>16</b>
<b>Material y método.....</b>	<b>17</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>26</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>43</b>
<b>Conservación.....</b>	<b>45</b>
<b>Propuestas.....</b>	<b>46</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>47</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>48</b>

---

## RESUMEN

La filogeografía, como se entiende actualmente, se enmarca en un área más amplia denominada ecología molecular, que se define como el conocimiento y aplicación de marcadores genéticos moleculares para explorar preguntas y problemas en ecología y evolución. Trabaja con los componentes históricos o filogenéticos de la distribución espacial de linajes de genes considera como ejes el tiempo y el espacio, en los cuales (idealmente) se mapean las genealogías de estudio, por lo que una definición de filogeografía podría ser "... es el campo de estudio relacionado con los principios y procesos que gobiernan la distribución geográfica de linajes de genes, sobre todo aquellos entre y dentro de especies cercanamente relacionadas. Este tipo de estudios es particularmente interesante para analizar la dinámica de islas, con altos endemismos. Un ejemplo de esto es el mapache enano, endémico de Cozumel. Esta especie habita las áreas de manglar y zonas arenosas, pero debido a la fragmentación del hábitat se encuentra en peligro de extinción, por lo que actualmente está protegida por la NOM-059 SEMARNAT 2010. El objetivo de este estudio fue conocer la distribución actual y el estatus filogenético del mapache enano (*Procyon pygmaeus*) en la isla de Cozumel y el reconocimiento de posibles subpoblaciones, así como proponer estrategias para su protección y conservación. Para el efecto, se trazaron 34 transectos en zonas de la isla de Cozumel durante los meses de abril, mayo, junio y julio de 2015 y enero de 2016. Cada transecto tuvo una longitud de 4 km colocando una trampa cada 500 m de distancia, para un total de ocho trampas tipo Tomahawk de hechura propia por transecto. Como cebo, se utilizó fruta, particularmente plátano y manzana y pollo en la Zona Norte Costa y centro de la isla, mientras que en Punta Sur se utilizó sardina, atún y huevo cocido. En este estudio, se tomaron las medidas estándar para el estudio de los mamíferos como la longitud total, la longitud de la oreja, la longitud de la pata trasera y la longitud de la cola; asimismo, se midió la circunferencia del cráneo, dado que es uno de los caracteres diagnósticos que distinguen a la especie. Los organismos fueron pesados y sexados. Las proporciones anatómicas se calcularon utilizando el programa estadístico StatGraphics centurión XVII. Para el análisis de datos se realizaron comparaciones estadísticas mediante la comparación de dos muestras al 95% de intervalo de confianza para comparar los valores promedio ( $\pm$  desviación estándar) de las proporciones morfométricas del mapache enano. Se presentan y analizan los resultados y el estatus de conservación de la especie.

**Palabras clave:** Cozumel, distribución, filogeografía, mapache enano, *Procyon pygmaeus*.

---

## INTRODUCCIÓN

La biogeografía, en un enfoque apoyado en información genética, brinda datos precisos para establecer hipótesis de aislamiento y diversificación. La filogeografía, como se entiende actualmente, se enmarca en un área más amplia denominada ecología molecular, que se define como el conocimiento y aplicación de marcadores genéticos moleculares para explorar preguntas y problemas en ecología y evolución. La naturaleza y la escala de los estudios de ecología molecular están definidas por el hecho de que se estudian las relaciones genéticas entre individuos, poblaciones y especies y que se emplean marcadores genéticos moleculares, ya sea en forma de proteínas o de secuencias de ADN. Dichos marcadores se asocian a las genealogías, la ecología molecular también considera principios de genética. En esta disciplina es fundamental contar con información cualitativa y cuantitativa sobre los cambios en la estructura o composición genética, ya sea entre generaciones a lo largo del tiempo o espacialmente entre individuos, poblaciones o especies (Eguiarte *et al.*, 2007).

La filogeografía trabaja con los componentes históricos o filogenéticos de la distribución espacial de linajes de genes y considera como ejes el tiempo y el espacio, en los cuales (idealmente) se mapean las genealogías de estudio, por lo que una definición de filogeografía podría ser "...es el campo de estudio relacionado con los principios y procesos que gobiernan la distribución geográfica de linajes de genes, sobre todo aquellos entre y dentro de especies cercanamente relacionadas." (Vázquez-Domínguez, 2005).

A pesar de que la filogeografía se ha utilizado comúnmente como una herramienta para esclarecer patrones históricos y evolutivos entre poblaciones de una misma especie, las aproximaciones filogeográficas también pueden ser útiles para inferir procesos demográficos históricos como flujo génico, tamaño efectivo de población, secuencias de colonización, cuello de botella y para determinar fronteras entre especies e identificar unidades de conservación. De esta forma, el estudio de la distribución geográfica de linajes genealógicos ha sido ampliamente usado para describir eventos históricos, como fragmentación del hábitat o expansión del rango de distribución de especies y poblaciones, eventos de migración, vicarianza o extinción de linajes génicos, así como otros procesos que afectan la estructura de las poblaciones o que causan especiación en un contexto espacial y temporal. Además, el estudio comparado de los patrones



---

filogeográficos de varias especies o poblaciones co-distribuidas permite plantear hipótesis sobre posibles eventos comunes, por ejemplo de vicarianza o dispersión e identificar las causas geológicas, ecológicas o etológicas que pudieron haber influido en ellos (Domínguez y Vásquez, 2009).

Un marcador molecular es considerado como un carácter cuyo patrón de herencia puede definirse en un nivel morfológico (fenotípico), bioquímico o molecular (Blas, 2010). Se puede considerar que cualquier molécula orgánica o inorgánica, que sea característica de un organismo o proceso, sea un marcador. Los marcadores idóneos son los del ADN, siendo válido cualquier fragmento que se encuentre muy cerca del gen o de la secuencia de interés y que no afecte al carácter de estudio. Los marcadores del ADN se basan fundamentalmente en el análisis de las diferencias en pequeñas secuencias del ADN entre individuos (Azofeifa-Delgado, 2006). Entre las características moleculares que hacen especial al ADNmt están: que es una molécula circular covalente cerrada de tamaño pequeño (ca.16-20 kilobases), conformada por un total de 37 genes (13 ARN mensajeros, 2 ARN ribosomales y 22 ARN de transferencias), además de una región conocida en vertebrados y equinodermos como región control (ca.1kb) o d-loop (fragmento más pequeño dentro de la región control misma), que controla la replicación y transcripción en la molécula y tiene una tasa de sustitución excepcionalmente alta y de polimorfismo en muchos taxones. Las propiedades más interesantes en términos filogeográficos son su alta tasa de mutación (sustitución) a nivel de secuencias de nucleótidos, su prácticamente nula recombinación, gran variación intraespecífica y más importante, su herencia estrictamente materna (con muy escasas excepciones) (Vázquez-Domínguez, 2005).

México es un país megadiverso y ocupa el cuarto lugar de ese privilegiado grupo de 17 países que conjuntamente albergan cerca de 70% de las especies conocidas. México ocupa el segundo lugar en especies de reptiles y está entre los cinco primeros lugares en anfibios, mamíferos y plantas con flores. Asimismo, siendo un país megadiverso por su elevado número de especies, lo es también por su riqueza de ecosistemas, por la gran variabilidad genética mostrada en muchos grupos taxonómicos y, particularmente, por el elevado número de endemismos, resultado de una topografía abrupta y los procesos evolutivos que han dado lugar a una gran diversificación a nivel de especie.. La distribución de especies endémicas, en combinación con las unidades morfotectónicas, genera un conjunto de áreas que llamamos provincias biogeográficas; es decir, áreas con

---

identidad fisiográfica y ecológica, donde las distribuciones de dos o más especies endémicas se superponen (Espinosa *et al.*, 2008).

El concepto de endemismo es importante en el ámbito de la biogeografía y la conservación biológica y aquellas áreas que presentan un alto número de especies endémicas, a menudo están incluidas en las redes de áreas protegidas. En biogeografía, un área de endemismo por lo general se define como una región de dos o más taxones, pero la definición de un área de endemismo también se puede centrar en la delimitación geográfica de una región por barreras físicas o la distribución congruente de varias especies en la zona (Fernández, 2012). En México, las áreas de endemismo tienen una mayor extensión geográfica hacia el noroeste; sin embargo, se observa que las especies aumentan en número pero disminuyen en tamaño hacia el sureste. Esto es apreciable en zonas de particular aislamiento en el continente, pero es especialmente evidente en sistemas insulares. En este último caso, la biogeografía de islas nos permite observar que, en casos en que la disminución gradual en el rango y números de taxones que han podido cruzar cada vez mayores anchuras oceánicas, cuanto más remota es la isla es más desarmónico el ensamblaje y las mayores oportunidades de radiación adaptativa son hacia el borde del rango de un taxón en particular. Varios autores hacen énfasis en que diferentes grupos de islas tienen sus propias circunstancias e historias espaciales y las teorías no necesariamente pueden abarcar todos los casos. Una alternativa es considerar múltiples hipótesis de trabajo. Sin embargo, con frecuencia, un linaje particular no refleja la operación de un solo proceso, sino de varios. Por lo tanto, puede no ser posible explicar la biogeografía general de un linaje de isla por medio de un único modelo; más bien, deberán considerarse aspectos tales como el desplazamiento de caracteres, una doble invasión o el ciclo del taxón. Haber establecido la relevancia de factores como la configuración biogeográfica regional, el cambio ambiental, las diferencias de dispersión entre los taxones, área de la isla, la diversidad del hábitat de la isla y el aislamiento y la configuración de la isla, parece ser valiosa para tratar de colocar al menos algunos de estos en un marco común (Whittaker, 1998).

En América existen tres especies del género *Procyon* conocidos como mapaches u osos lavadores. En México se pueden encontrar registros de *Procyon lotor* y *P. pygmaeus* (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012). *La distribución de Procyon lotor* se circunscribe a la porción sur de los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo (Navarro *et al.*, 1990). En particular, en Quintana Roo se tiene registro de

su distribución en Kohunlich, Bacalar y Mahahual-Xcalak (Pozo *et al.*, 1991). La isla de Cozumel cuenta con 25 taxones de vertebrados endémicos entre los cuales está el mapache enano *Procyon pygmaeus* Merriam, 1901 (Cuarón *et al.*, 2004). Esta especie es endémica de Cozumel y se diferencia de su especie hermana en el continente (*Procyon lotor shufeldti*) por su menor tamaño corporal, craneal y de los dientes. Presenta una banda negra ancha que cubre la parte inferior del cuello, una cola color amarillo dorado, un hocico redondeado y la porción distal ensanchada. Se estima que el mapache enano ha existido durante unos 46,000-51,000 años (McFadden, 2004). Actualmente se encuentra listado en la NOM-059 Semarnat 2010, así como en la Lista Roja de Especies Amenazadas (UICN), como en peligro de extinción. Esta especie durante años ha sufrido la fragmentación de su hábitat y se sugiere que su población se ha aislado en dos subpoblaciones en las zonas norte y sur de la isla (McFadden, 2004). También ha sido encontrado en restos arqueológicos mayas, en los que los huesos confirman el reducido tamaño de los individuos. Los hábitos de esta especie son claramente nocturnos, prefiere las zonas con manglar y suelos arenosos; es un animal totalmente omnívoro y su dieta incluye desde frutos hasta pequeños mamíferos pasando por moluscos, crustáceos e insectos.

El mapache enano es una especie endémica y en peligro de extinción de la isla de Cozumel y de la cual hay pocos estudios; por lo tanto, a través de la búsqueda de individuos de *P. pygmaeus* y de la prospección en campo, este trabajo tiene por objetivo conocer sus distribución actual y realizar un análisis filogeográfico de la especie que permita evaluar su diversidad genética para identificar posibles causas de riesgo y proponer estrategias para su protección y conservación.

---

## ANTECEDENTES

Merriam (1901) describió por primera vez al mapache enano como una especie distinta de sus congéneres del continente (*Procyon hernandezii*), basado en una serie de caracteres morfológicos; éstos incluyen el ser notablemente más pequeño, tanto en la talla de su cuerpo como en la del cráneo. Lo describió como muy fácil de distinguir de *P. hernandezii* debido a su banda ancha color negro y la cola de color amarillo dorado, huesos nasales ampliados y redondeados. Los dientes menos de la mitad del tamaño de las de *hernandezii*; ultimo molar superior relativamente más reducido; primer molar superior relativamente más pequeño, el molar superior medio es visiblemente mayor que las otras; premolares de arriba y debajo más espaciados y mucho más pequeñas.

McFadden (2006) realizó un análisis de heces fecales, sangre y pelo para saber los hábitos alimenticios del mapache enano, concluyendo que su dieta principal consiste en pequeños cangrejos, insectos y frutas. También realizó isotopos de carbono y nitrógeno, dentro de estos análisis en las heces fecales encontraron que el 50% de su dieta está compuestas de cangrejos.

En cuanto a su distribución, el mapache enano de Cozumel se ha registrado en Chankanaab, la zona centro de San Gervasio (Navarro *et al.*, 1990) y Punta Chunchacab (Navarro, 1992) y se ha sugerido un ámbito hogareño de 70 ha basados en datos obtenidos por radio-telemetría (Cuarón *et al.*, 2009). McFadden (2004) realizó un estudio usando reloj molecular y la divergencia media de las secuencias de muestras localizadas entre la isla de Cozumel y el estado de Yucatán para mapaches y coatíes, respectivamente. Se estimó que estas dos especies se separaron de las poblaciones continentales en los últimos 46,000 a 51,000 años.

McFadden, *et al.* (2009) evaluaron que la situación de la especie presenta una disminución de su población; sin embargo, las causas exactas de su reducción son desconocidas, pero ambas especies se consideran afectadas por depredadores introducidos como perros ferales (*Canis familiaris*) y las boas (*Boa constrictor*), la degradación del hábitat, la caza y, posiblemente, por la ausencia de recursos y por enfermedades propias de los carnívoros domésticos.

La pérdida y la fragmentación del hábitat siguen siendo problemas críticos en Cozumel, así como en otros lugares. El desarrollo turístico reciente se ha centrado en la costa del oeste de Cozumel pero es preocupante el reciente aumento del desarrollo urbano a lo largo de la carretera transversal que divide a la isla en un eje noroeste-sureste. En el POEL Cozumel (2005) se publicó una sección sobre la afectación de áreas terrestres; el manglar es un ecosistema importante por la biodiversidad de organismos que alberga, por ser el lugar de incubación de estadios juveniles y larvarios de numerosas especies marinas y por ser un medio donde se recicla la materia orgánica. Esta vegetación se extiende a lo largo de la zona costera de la isla, lugar también muypreciado por la industria de la construcción de hoteles y residencias de lujo. Una parte importante de la sociedad ignora la utilidad del manglar y, por ello, no resiente su destrucción. Aunque se han propuesto iniciativas de conservación para *P. pygmaeus* y el pizote enano (*Nasua nelsoni*; Thomas 1901) y sus hábitats (Cuarón *et al.*, 2009), su implementación no se ve reflejada y la pérdida del hábitat continúa. En la actualidad ambas especies son consideradas en peligro crítico según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y se encuentran dentro del grupo de los carnívoros más amenazados en México y a nivel global.

## JUSTIFICACIÓN

Actualmente, con los nuevos desarrollos turísticos y el crecimiento de la población en la isla de Cozumel, se ha acentuado la fragmentación del hábitat de especies endémicas como el mapache enano (*P. pygmaeus*), lo cual puede provocar el desplazamiento de subpoblaciones a lo largo y ancho de la isla. Considerando que es una especie endémica en peligro de extinción, es importante conocer el estado de la población y proponer estrategias para su protección y conservación

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la distribución geográfica actual del mapache enano *Procyon pygmaeus* en la isla Cozumel?

¿Está la población del mapache enano *P. pygmaeus* dividida en subpoblaciones que puedan ser identificadas genéticamente?

¿Cuáles son los factores que propician estas subpoblaciones?

## HIPÓTESIS

La distribución actual del mapache enano está restringida a zonas de manglar o selva no perturbada de la isla y alejadas de la zona urbana.

La población de mapache enano está dividida en subpoblaciones debido al desplazamiento por fragmentación del hábitat.

## OBJETIVO GENERAL

Conocer la distribución actual y el estatus filogenético del mapache enano *Procyon pygmaeus* en la isla de Cozumel y el reconocimiento de posibles subpoblaciones, así como proponer estrategias para su protección y conservación.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los límites de distribución de las poblaciones del mapache enano en la isla de Cozumel.
2. Determinar si existe un grado de aislamiento geográfico y genético entre las poblaciones del mapache enano.
3. Determinar las causas de fragmentación de la población del mapache enano.
4. Proponer estrategias de conservación para la preservación de la población de mapache enano.

---

## ÁREA DE ESTUDIO

La isla de Cozumel se encuentra ubicada en el mar Caribe entre 20° y 21° latitud Norte y 87° longitud Oeste, aproximadamente a 18 km de la costa oriental de la Península de Yucatán. Su eje mayor, Norte-Sur, mide 52 km y el menor, Este-Oeste, 14 km (Pacheco y Vega, 2008), con una extensión de 647.33 km<sup>2</sup>. La isla está rodeada por aguas cálidas del mar de las Antillas, las que eventualmente forman en la porción norte del estado de Quintana Roo la corriente del canal de Yucatán, génesis de la Corriente del Golfo. La localización geográfica de la Península de Yucatán, al igual que la de la isla, da como resultado la prevalencia de las altas presiones por la influencia de la celda anticiclónica Bermuda-Azores que afecta sobre todo al norte peninsular y más al noreste. Durante el verano, los vientos alisios arrastran suficiente nubosidad en su trayectoria, de tal manera que depositan a su paso una considerable cantidad de lluvia, más que la que se recibe en la costa quintanarroense, debido probablemente a la condición insular de Cozumel (Orellana *et al.*, 2008).

A pesar de que la isla en su mayor parte es marítima, la parte terrestre alberga anfibios, reptiles, aves y mamíferos para un total de 136 especies, de las cuales destacan las tortugas dulceacuícolas (*Geomyda areolata*), el cocodrilo (*Crocodylus acutus*), pelícanos (*Pelecanus occidentalis*), fragatas (*Fregata magnificens*), el murciélago (*Mycronycteris megalotis mexicana*), la zorra gris (*Urocyon cinéreo argenteus*) y el mapache enano (*Procyon pygmaeus*) (Anónimo, 1998). El presente estudio abarcó toda la isla de Cozumel.



## MATERIAL Y MÉTODOS

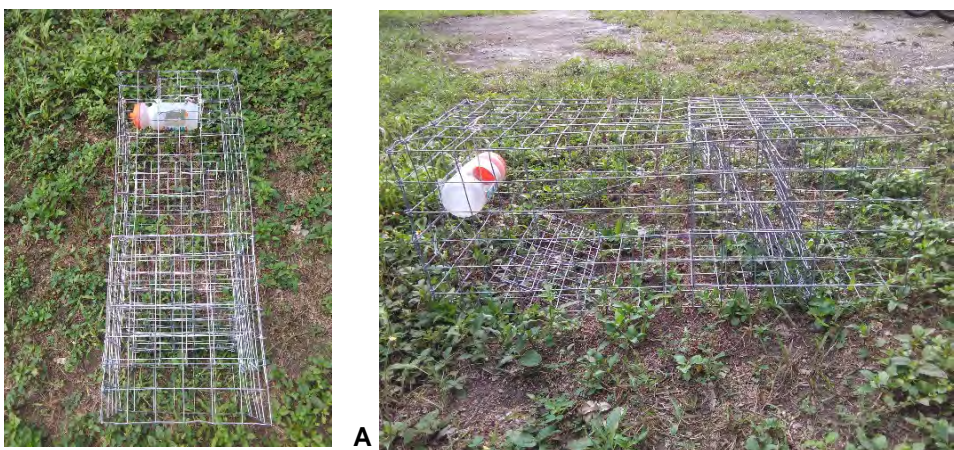
### Muestreos y capturas de organismos

El trabajo de campo consistió en el trazado de 34 transectos en 15 zonas estratégicas de la isla de Cozumel (Tabla 1, Figura 2), durante los meses de abril, mayo, junio y julio del 2015 y enero del 2016.

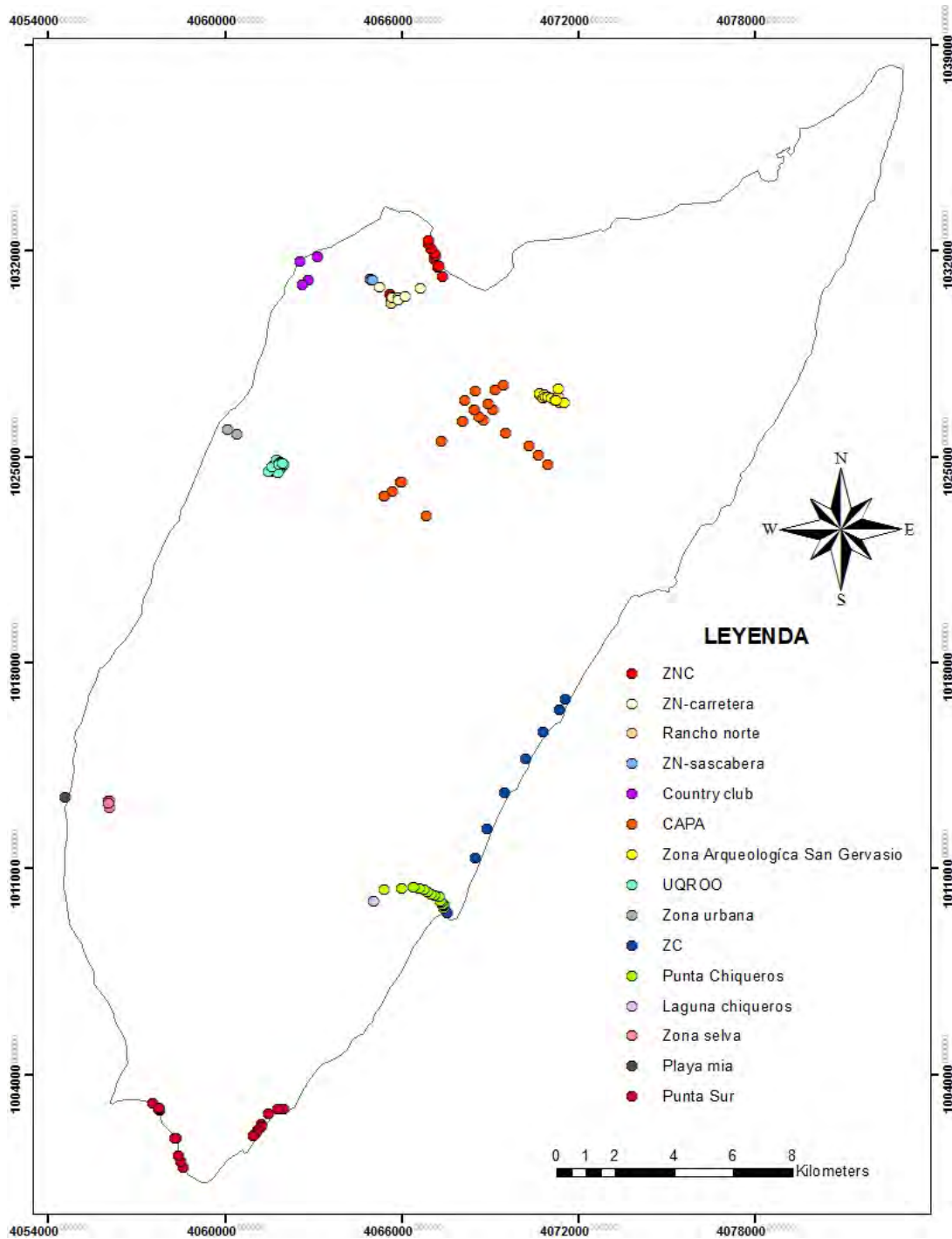
**Tabla 1.** Zonas estratégicas de muestreo y número de transectos.

Nombre del lugar	Número de transectos
Zona de Costa Norte	5
Rancho norte	2
Carretera en la zona norte	2
Sascabera en la zona norte	1
Country club	2
Zona selva	1
Zona de captación de Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA)	4
Zona arqueológica de San Gervasio	2
Zona de la costa oriental	1
Punta Chiqueros	2
Laguna de Punta Chiqueros	1
Universidad de Quintana Roo	3
Parque Punta sur	7
Zona Urbana	1
Playa Mía	1

Cada transecto tuvo una longitud de 4 km, colocando una trampa cada 500 m de distancia, para un total de ocho trampas tipo Tomahawk, de diseño y hechura propia, por transecto (Figura 1, patente en trámite). Las trampas se colocaron durante el día, antes de caer la tarde, permanecían toda la noche y se recogían al día siguiente por la mañana. Cada trampa era debidamente camuflajeada con elementos del ambiente (hojarasca, troncos y ramas caídas, por ejemplo), dejando al descubierto solamente la entrada de la trampa, con una cama para huellas y permitiendo que el cebo actuara para atraer a los mapaches. El camuflaje permitió que los mapaches se acercaran con más facilidad a las trampas, evitando olor humano y como protección para los especímenes capturados durante las horas de sol. Como cebo, se utilizó fruta, particularmente plátano y manzana, así como pollo en la zona norte y centro; en Punta Sur se utilizó sardina, atún y huevo cocido. El mapa de transectos y el uso de determinado cebo se definió como resultado de los muestreos prospectivos que realizamos. Se construyó una red para capturar a los mapaches, basada en el método para captura de crustáceos de López-Mejía (2006) para su utilización específicamente en la zona norte; ya que ahí se encuentra la población más grande y se observa un fenómeno de semidomesticación, debido a que personas locales y visitantes de la isla los alimentan con comida para humano (cruda y procesada con alto grado de conservadores y otras sustancias dañinas). Al aplicar el método de la red, los mapaches fueron atraídos con un pedazo de pollo hacia la red y su captura fue más rápida, pero es importante señalar que esta técnica, tanto como el uso de trampas, corresponde solamente a su utilización con fines científicos, por lo que la población de Cozumel y el público en general, no debe llevar a cabo la captura de fauna silvestre ni alimentarla.



**Figura 1.** Trampa tipo Tomahawk, vista hacia arriba (A) y vista lateral (B)



**Figura 2.** Puntos de muestreo en la isla de Cozumel. Zona Norte Costa (rojo), Carretera Zona Norte (amarillo claro), Rancho norte (carne), Sacabera norte(azul cielo),Country Club (morado), Comisión de agua Potable y Alcantarillado CAPA (naranja), Zona Arqueológica San Gervasio (amarillo), Universidad de Quintana Roo (UQROO, azul), Zona Urbana (gris), Zona de la Costa este (azul marino), Punta Chiqueros (verde), Laguna Chiqueros (lila), Zona selva (rosa), Playa Mía (negro) y Punta Sur (rojo fuerte).

## Muestreo prospectivo

Se realizaron dos muestreos prospectivos en la zona norte y centro de la isla de Cozumel, para probar el funcionamiento de las trampas tipo Tomahawk de diseño y hechura propia; y para poner a prueba el cebo, el tiempo de colocación de las trampas y para reconocer las áreas de muestreo. Para este ensayo se trazaron cuatro transectos de 4 km. La primera trampa se colocó al interior del manglar usando pollo como cebo, la segunda trampa se colocó en la orilla del manglar con fruta (naranja y plátano) y frituras, para poder observar el comportamiento del mapache enano cuando entrara en la trampa, la tercera trampa se puso en la selva también cebada con pollo. Se continuó el trabajo de campo prospectivo para reconocer las áreas de muestreo en la zona norte de la isla de Cozumel y para estimar el tiempo de colocación de las trampas y de las muestras biológicas; en este caso se usó manzana y plátano como cebo. Estos muestreos prospectivos permitieron ajustar el método de campo.

Como resultado de los muestreos prospectivos, se obtuvo lo siguiente: después de haber colocado las tres trampas en la zona norte, se regresó al sitio donde estaba la segunda trampa, se esperó 15 min., después de ese lapso de espera apareció un mapache enano que se acercó dónde se realizaba la observación, luego se subió a un árbol y estuvo 20 minutos arriba; se alejó de él para que se acercara a la trampa y pasados 10 minutos se aproximó a la trampa atraído por el sonido de la bolsa de frituras que se estaba comiendo. El comportamiento anterior es común en esa zona, pues los mapaches están acostumbrados a que la gente local que va de visita los alimente con frituras o con otros alimentos. Con una fritura y sonido de la bolsa de las frituras se logró que el mapache se acercara a la trampa pero no se animaba a entrar, sacando la fritura fuera de la trampa con una de sus patas delanteras; después de observar lo que pasó, se hicieron modificaciones a la trampa; en el lugar se le colocó un comedero con una botella, se cortó un pedacito al centro de la botella, se amarró en la trampa y se cubrió con palos y espínulas; se checó la tercera trampa y se le hicieron las mismas modificaciones; se regresó a la segunda trampa donde se capturó un mapache que se comió la fruta y las frituras que se habían colocado en el comedero, se observó el comportamiento de un mapache juvenil que estaba un poco agresivo y asustado. Se retiró el camuflaje de la trampa (espínulas y palos) y se dejó salir al mapache. Se volvió a colocar la misma trampa y se realizó el mismo procedimiento, se cebó con fruta (naranja y plátano) y después de un minuto de haberla colocado se capturó un mapache adulto agresivo; se

---

abrió la trampa y salió corriendo. Se dejaron dos trampas en la mañana y en la tarde y se recogieron a las 6:00 pm; en la primera trampa se capturó un mapache enano juvenil estaba tranquilo y en la tercera trampa no se capturo nada.

En los muestreos restantes de la zona norte, de las ocho trampas colocadas se capturaron seis mapaches, se tomaron muestras de pelo de los individuos que se etiquetaron debidamente; el segundo transecto se realizó en la zona inundable sin captura; en el tercer transecto se hizo en la selva capturando un tlacuache (*Didelphis marsupialis cozumelae*).

El trabajo realizado permitió corroborar la viabilidad de las trampas diseñadas y construidas para este proyecto. Asimismo, se observó que, si bien los tres tipos de cebo funcionan para la captura, el plátano y la manzana atraen más a los mapaches. El desarrollo del trabajo de campo permitió estimar el tiempo promedio de trazado de los transectos y colocación de las trampas, permitiendo hacer los ajustes necesarios para el trabajo de campo restante. Se corroboró, asimismo, la presencia de una población representativa del mapache enano en la zona norte de la isla de Cozumel, en contraposición a la zona interior-centro de la isla.

### **Protocolo de contención química para *Procyon pygmaeus***

Para esta investigación era muy importante buscar un método de contención química alternativa a los comúnmente utilizados, debido a que se trataría con una especie endémica y en peligro de extinción. El método que se propuso para este estudio (en vías de publicación), al aplicárselo a los mapaches, coatíes y tlacuaches, no provocó ninguna reacción negativa, permitiendo manipular al animal de manera segura para estas delicadas especies, así como para el investigador. Los animales capturados fueron anestesiados con 0.5 ml de Dexdomitor de 10 ml, luego se le aplicó 0.5 ml de Antisedan de 10 ml para despertar al mapache. Se utilizó este sedante ya que es de acción rápida como pudimos comprobar con los mapaches y tiene un antagonista que permite una rápida recuperación de la acción del sedante. A continuación se describe como se obtuvo la dosis.

### *Sedante Dexdomitor*

La dosis para los caninos se basa en el área de superficie corporal (sup. m<sup>2</sup>). La dosis intravenosa es de 375 mcg/m<sup>2</sup> de superficie corporal y la dosis intramuscular es de 500 mcg/m<sup>2</sup>. En este caso se utilizó la dosis intramuscular pues fue más fácil para la manipulación del mapache enano en el campo. Se utilizó la fórmula de Dubois y Dubois (1915) para calcular el área de superficie corporal y obtener una medida estándar en mililitros para calcular la dosis del sedante que se aplicó en el mapache enano.

$$\text{Sup. m}^2 = \frac{\text{peso} \times \text{altura}}{3600}$$

$$\text{Sup. m}^2 = \frac{3.53 \text{ kg} \times 75.54 \text{ cm}}{3600}$$

$$\text{Sup. m}^2 = \frac{266.65}{3600}$$

$$\text{Sup. m}^2 = 0.07 \text{ m}^2$$

La cantidad de 3.53 kg y 75.54 cm corresponden al promedio de peso y altura del mapache enano, respectivamente y fueron tomadas como referencia de McFadden (2004).

Después, para calcular la medida en microgramos se hizo una regla de tres:

500 mcg-----1.0 m <sup>2</sup>	500 mcg-----1.0 m <sup>2</sup>	1 ml-----1000 l
x -----0.07 m <sup>2</sup>	35 mcg-----0.07 m <sup>2</sup>	10 ml----- 10000 l

Una vez obtenidos los datos en microgramos se hizo el cálculo para obtener la dosis en ml: se dividió 10,000 l entre 35 mcg/kg dando como resultado 0.2 ml. Revisando la tabla para dosis en 500 mcg/m<sup>2</sup> intramuscular, el 0.2 ml corresponde al rango recomendado. Utilizando esta dosis, el tiempo de espera fue de 8 min y brindó un margen de manipulación del espécimen de 60 minutos o más. Por lo tanto, el dexdomitor es más rápido, efectivo y seguro para el animal, en comparación con otros protocolos de contención química.

---

### *Antagonista Antisedan*

El Antisedan puede administrarse desde los 15 a 60 minutos después del Dexdomitor, dependiendo el tiempo que tome al investigador manipular al espécimen. La dosis de Antisedan es la misma que se haya aplicado de Dexdomitor; en este estudio se aplicaron 0.2 ml de Antisedan con un tiempo de reacción del organismo de máximo cinco minutos.

El protocolo de contención química incluyó el monitoreo de las siguientes variables fisiológicas: temperatura, frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca y llenado capilar.

### **Morfometría**

Durante la contención química, se tomaron medidas morfométricas de cada mapache capturado, con el fin de poder establecer la existencia de posibles subpoblaciones. Los análisis morfométricos se realizan comúnmente en los organismos y son útiles en el análisis del registro fósil, así como en el impacto de algunas mutaciones sobre la forma, cambios en los procesos del desarrollo, covarianzas entre los factores ambientales y la forma, igualmente para estimar los parámetros genético-cuantitativos de la forma. La morfometría se puede utilizar para cuantificar un carácter de significancia evolutiva y para detectar los cambios en la forma, deducir algo sobre la ontogenia de los organismos, función o relaciones evolutivas. Uno de los objetivos principales de la morfometría es probar estadísticamente las hipótesis sobre los factores que afectan la forma. En este estudio, se tomaron las medidas estándar para el estudio de los mamíferos, como son la longitud total (LT) (Figura 3), la longitud de la oreja (O) (Figura 4), la longitud del miembro pélvico derecho (pata trasera) (PT) (Figura 5), la longitud de la cola vertebral (CV) (Figura 6) y ancho del cráneo (CR) (figura 7); asimismo, se midió la circunferencia del cráneo, dado que es uno de los caracteres diagnósticos que distinguen a la especie. Finalmente, fueron pesados y sexados. Las proporciones anatómicas se calcularon utilizando el programa estadístico StatGraphics centurión XVII. Cada espécimen se marcó cortando la punta de pelo de la cola, para distinguirlo en caso de que fuera recapturado y la muestra se incorporó al banco de tejido del Laboratorio de Biología Evolutiva y Genética de Poblaciones, en la Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel.



**Figura 3.** Longitud total.



**Figura 4.** Longitud de la oreja.



**Figura 5.** Longitud de la pata trasera.



**Figura 6.** Longitud de la cola.



**Figura 7.** Ancho del cráneo



---

### Protocolo de extracción de ADN

Durante la contención química, de cada mapache se tomó una muestra de pelo, el cual, además de servir como marcaje, se colocó en un tubo eppendorf de 5 ml, debidamente etiquetado y se incorporó al banco genético de la especie en el Laboratorio de Biología Evolutiva y Genética de Poblaciones, de la Universidad de Quintana Roo. Para el análisis genético, se tomó una muestra de sangre que se almacenó en un tubo vacutainer con anticoagulante EDTA (Ácido etilendiaminotetracético). Las 23 muestras de sangre se procesaron en el laboratorio de Biología Evolutiva y Genética de Poblaciones, de la Universidad de Quintana Roo, de acuerdo al siguiente protocolo:

Se extrajo el ADN a partir de sangre con el kit de purificación QIAamp, se agregaron 20 µl de proteinasaK en un tubo de microcentrífuga de 2 ml, se añadieron 50-100µl de sangre anticoagulada, se completó el volumen a 220µl con PBS, se agregaron 200µl de buffer AL, se pipeteó hasta obtener una solución homogénea, se incubó a 56°C durante 10 min, se agregaron 200µl de etanol y se pipeteó hasta obtener una solución homogénea. Con la ayuda de la micropipeta se trasladó la mezcla a la columna de centrifugación DNeasy Mini previamente colocada en un tubo de recolección de 2 ml; después se centrifugó a 8,000 rpm durante un minuto, se desechó el líquido filtrado y el tubo de recolección. La columna se trasladó a un nuevo tubo de recolección de 2 ml, se agregaron 500 µl de buffer AW1, se centrifugó durante un minuto a 8,000 rpm y se desechó el líquido filtrado y el tubo de recolección. Se trasladó la columna a un nuevo tubo de recolección de 2ml, se agregaron 500 µl de buffer AW2, se centrifugó a 14,000 rpm por tres minutos, se desechó el líquido filtrado y el tubo de recolección. Se colocó la columna de centrifugación en un tubo limpio de microcentrífuga de 2 ml, se agregaron 200 µl de buffer AE directamente sobre la membrana DNeasy, se incubó a temperatura ambiente durante un minuto y se centrifugó durante un minuto a 8,000 rpm para eluir. Se repitió este paso para obtener la máxima cantidad posible de ADN.

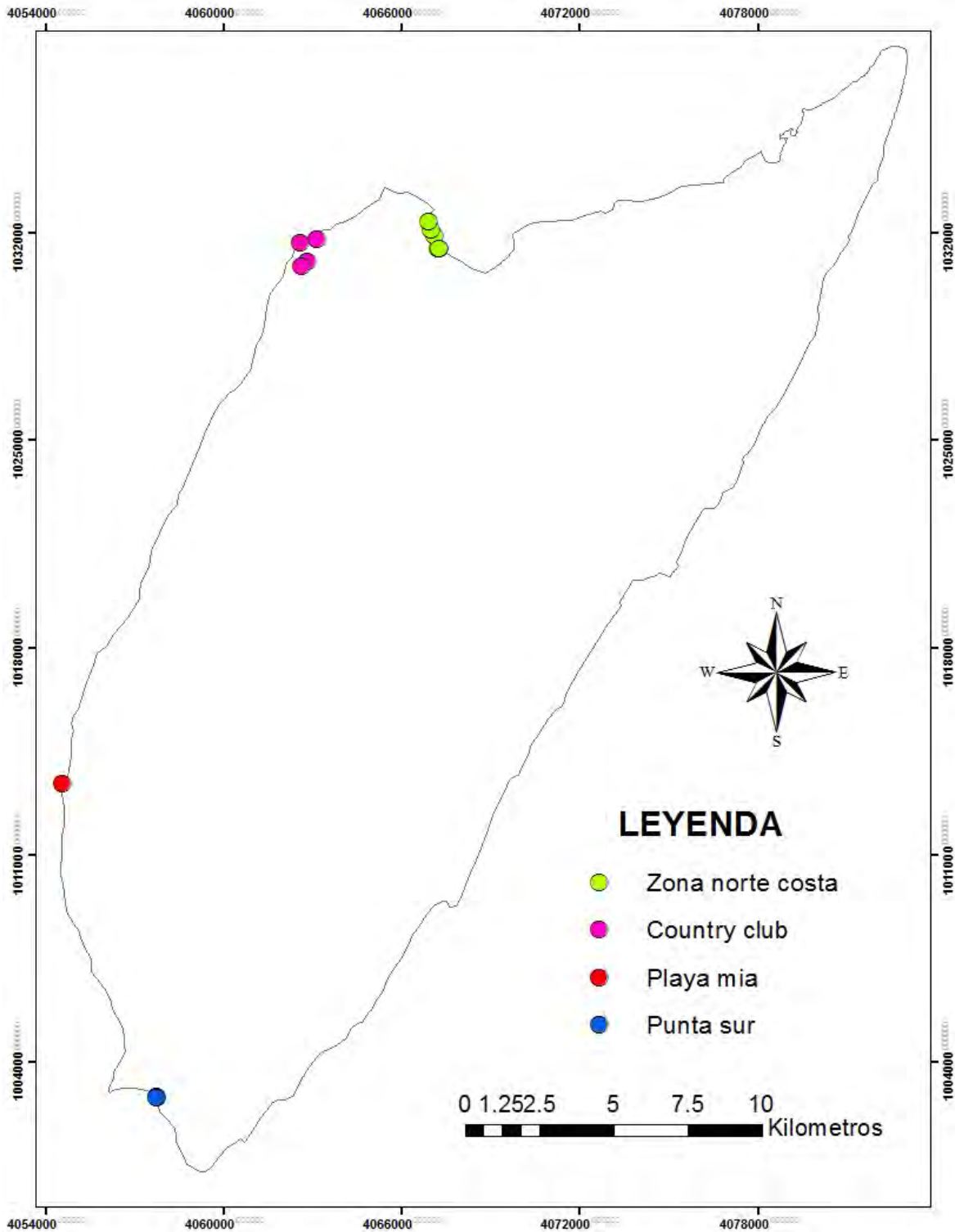
## RESULTADOS

### Análisis de distribución

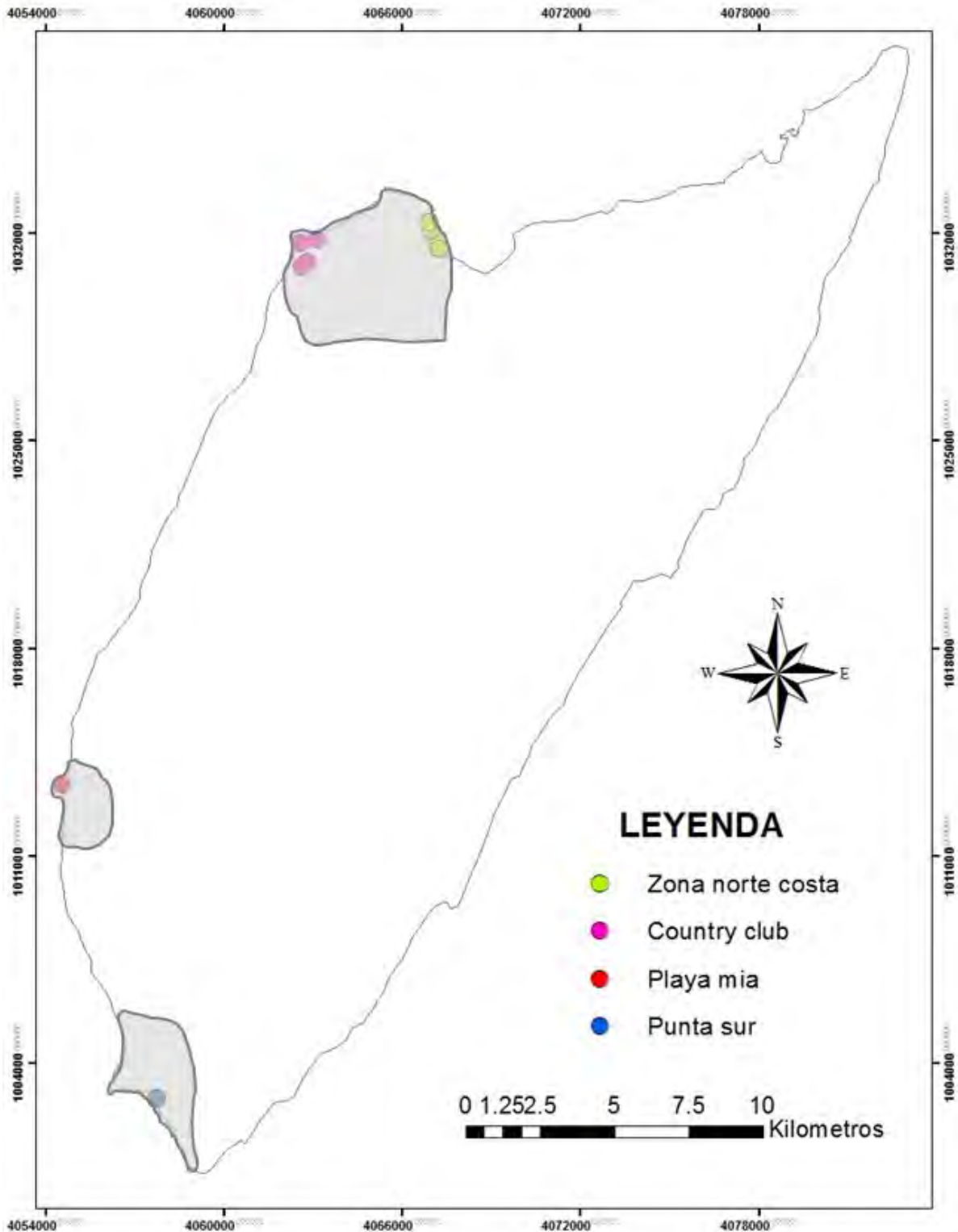
De 256 trampas colocadas, se capturaron 20 mapaches en la Zona Norte Costa en la isla de Cozumel, de los cuales, tres fueron hembras y 17 machos en la zona de manglar y tres mapaches en punta sur, un macho y dos hembras (Figura 8 y 9), de las trampas colocadas en la selva no se obtuvo captura, mientras que se registraron huellas de mapache en el Country club y Playa Mía (Figura 12). Se obtuvo avistamientos de jabalíes (*Pecari tajacus nanus*) uno en la zona norte, uno en la Zona Costa Oriental de la isla, cuatro en Punta Sur; coatíes (*Nasua nelsoni*) en la zona norte en la selva mediana subcaducifolia, Zona Arqueológica San Gervasio y dos en Punta Sur; se capturaron dos tlacuaches (*Didelphis marsupialis cozumelae*) en la Zona Norte en la selva mediana subcaducifolia, en la Zona Arqueológica San Gervasio y avistamientos en la Zona Urbana (Tabla 2; Figura 10).

**Tabla 2.** Avistamiento de mamíferos medianos en las zonas de muestreo en la isla de Cozumel, Quinta Roo, México.

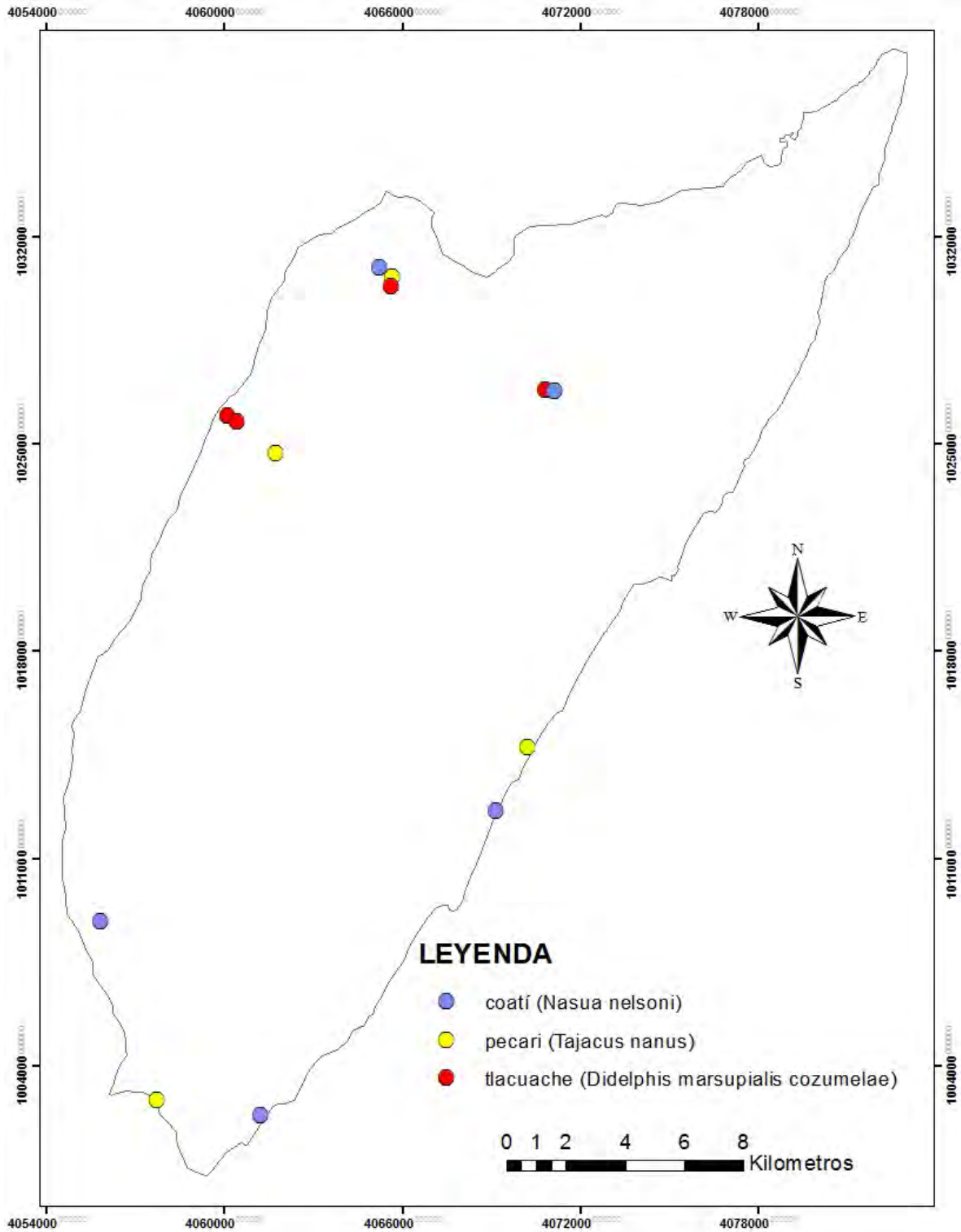
Número de individuos	Nombre común	Nombre científico	Zona de distribución
6	Jabalí	<i>Pecari tajacus nanus</i>	Zona norte, Zona Oriental y Punta Sur
4	Coatí	<i>Nasua nelsoni</i>	Zona norte, Zona Arqueológica San Gervasio, Punta Chiqueros y Punta Sur
2	Tlacuache	<i>Didelphis marsupialis cozumelae</i>	Zona norte, Zona Arqueológica San Gervasio y Zona Urbana



**Figura 8.** Puntos de captura de mapache enano (*P.pygmaeus*) en la Zona Norte Costa (verde) y Punta sur (azul); avistamientos de huella en el Country club (rosa) y Playa Mía (rojo) de la isla de Cozumel, Quintana Roo.



**Figura 9.** Distribucion actual del mapache enano (*P.pygmaeus*) en la isla de Cozumel.



**Figura 10.** Puntos de avistamiento de coatí (*Nasua nelsoni*) color azul y del pecarí (*Tajacus nanus*) en color amarillo y captura de tlacuache (*Didelphis marsupialis cozumelae*) color rojo.

### Análisis morfométrico

Se determinaron las magnitudes promedio de los mapaches a partir de 23 especímenes capturados: longitud total de 696.5 mm, longitud de la cola de 232.4 mm, longitud de la oreja de 51.6 mm, el promedio de la longitud de la pata trasera e 93.4 mm y el peso promedio es de 3.2 kg. (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Medidas lineales (mm) y peso (kg) de ejemplares capturados de *P. pygmaeus* en Cozumel, Quintana Roo, México. Los especímenes están organizados por sexo y clave del espécimen.

Clave del espécimen	Sexo	Longitud total, mm (LT)	Longitud de la cola, mm (CV)	Longitud de la oreja, mm (O)	Longitud pata trasera, mm (PT)	Peso, kg (P)
ZNC-T1-t2-001	hembra	640	220	45	90	3
ZNC-T1-t8-002	hembra	540	200	40	85	2
ZNC-T1-t5-003	hembra	730	247	43	92	3
ZNC-T1-t6-004	macho	680	240	30	130	3
ZNC-T13-t19-005	macho	700	210	45	90	3
ZNC-T14-t1-006	macho	700	220	45	95	2.5
ZNC-T15-t6-007	macho	640	220	50	110	3
ZNC-T18-t14-008	macho	610	200	45	92	2
ZNC-T18-R-009	macho	675	250	50	100	2.5
ZNC-T18-R-010	macho	700	230	45	100	3.2
ZNC-T18-R-011	macho	640	230	50	90	1.5
ZNC-T19-R-012	macho	705	250	50	100	2
ZNC-T20-R-013	macho	740	250	60	105	3.5
ZNC-T20-R-014	macho	720	260	50	100	2.5
PS-T24-t16-015	macho	780	260	55	110	4
PS-T24-t11-016	hembra	740	240	45	95	2.3
PS-T25-t14-017	hembra	770	240	50	95	3.3
ZNC-T31-R-018	macho	740	230	50	110	2.5
ZNC-T33-R-019	macho	720	230	50	90	4.5
ZNC-T33-R-020	macho	700	240	50	100	6
ZNC-T33-R-021	macho	730	215	50	80	5
ZNC-T33-R-022	macho	700	225	50	95	5.5
ZNC-T33-R-023	macho	720	240	46	90	6

**Tabla 3.** Medias ( $\pm$ DE) longitud total (LT) (mm), longitud de la cola (CV)(mm), longitud de la oreja (O)(mm), longitud de la pata trasera (PT)(mm), peso (kg) y cráneo (mm) de dos poblaciones de mapache enano en la isla de Cozumel.

MEDIDAS	ZONA NORTE COSTA	PUNTA SUR
<b>LT</b>	686.5 $\pm$ 38.05	763.3 $\pm$ 15.5
	740-540	780-740
<b>CV</b>	230.3 $\pm$ 13.4	246.6 $\pm$ 8.8
	260-200	260-240
<b>O</b>	47.2 $\pm$ 4.0	50 $\pm$ 3.3
	95-60	55-50
<b>PT</b>	97.2 $\pm$ 8.0	100 $\pm$ 6.6
	130-45	110-95
<b>P</b>	3.3 $\pm$ 1.6	3.2 $\pm$ 0.6
	6-1.5	4-3.3
<b>Cráneo</b>	124.4 $\pm$ 7.3	130

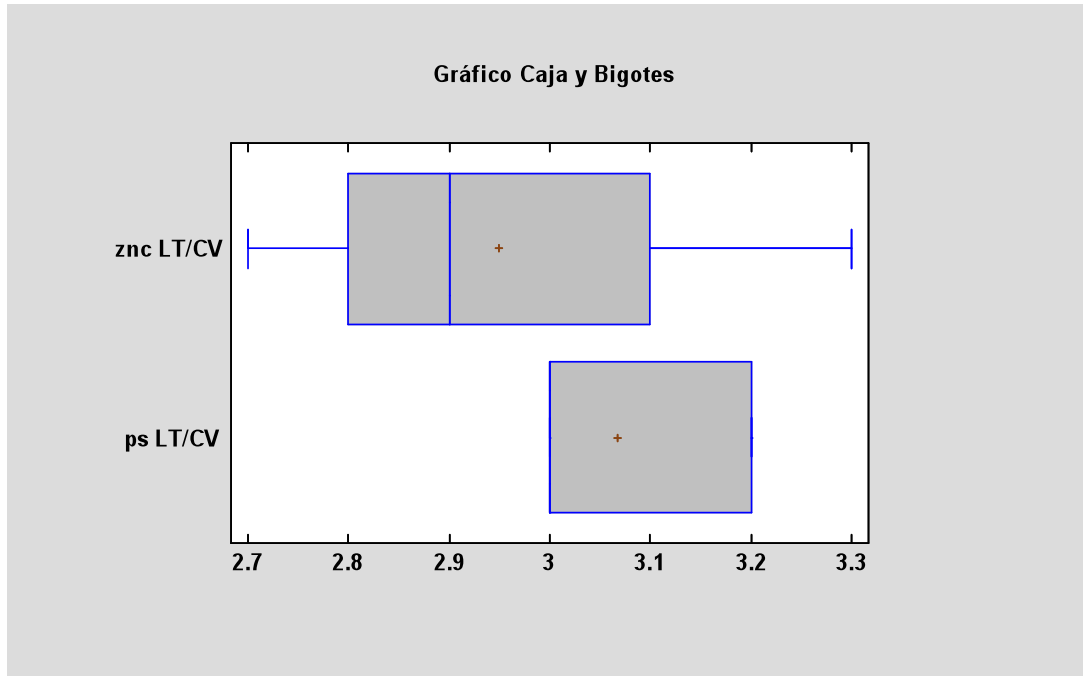
Se calculó la desviación estándar de las medidas externas del mapache enano de las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur de la isla de Cozumel. Como se muestra en la tabla 3, los mapaches de la Zona Norte Costa presentan una talla menor que los mapaches de Punta Sur, por lo cual se hizo otro un análisis de desviación estándar de las proporciones morfométricas del mapache enano para determinar las posibles diferencias intrapoblacionales. Se realizó este análisis considerando que las proporciones morfométricas no cambian genéticamente en relación a las especies.

**Tabla 4.** Medidas ( $\pm$ DE) de proporciones del mapache enano, longitud total/ longitud de la cola (mm), longitud total/peso (mm)/(kg), longitud total/pata trasera (mm), longitud total/cráneo y cráneo/oreja (mm).

UBICACIÓN	LT/CV	LT/P	LT/PT	LT/CRANEO	CRANEO/O
<b>ZNC</b>	2.9 $\pm$ 0.15	235.8 $\pm$ 0.8	7.1 $\pm$ 0.5	5.4 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.1
<b>PS</b>	3.0 $\pm$ 0.06	250 $\pm$ 47.8	7.6 $\pm$ 0.4	5.7 $\pm$ 0.15	2.7 $\pm$ 0.1
<b>GENERAL</b>	3.0 $\pm$ 0.2	237.7 $\pm$ 58.7	7.1 $\pm$ 0.5	5.5 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.1

Para comparar las dos poblaciones se estimaron las proporciones entre los siguientes parámetros morfométricos: longitud de la cola, longitud de la pata trasera, la longitud de la oreja, el ancho del cráneo y el peso del mapache enano, esto para poder observar si existe diferencias entre ellas. Se calculó la desviación estándar de estas variables; como

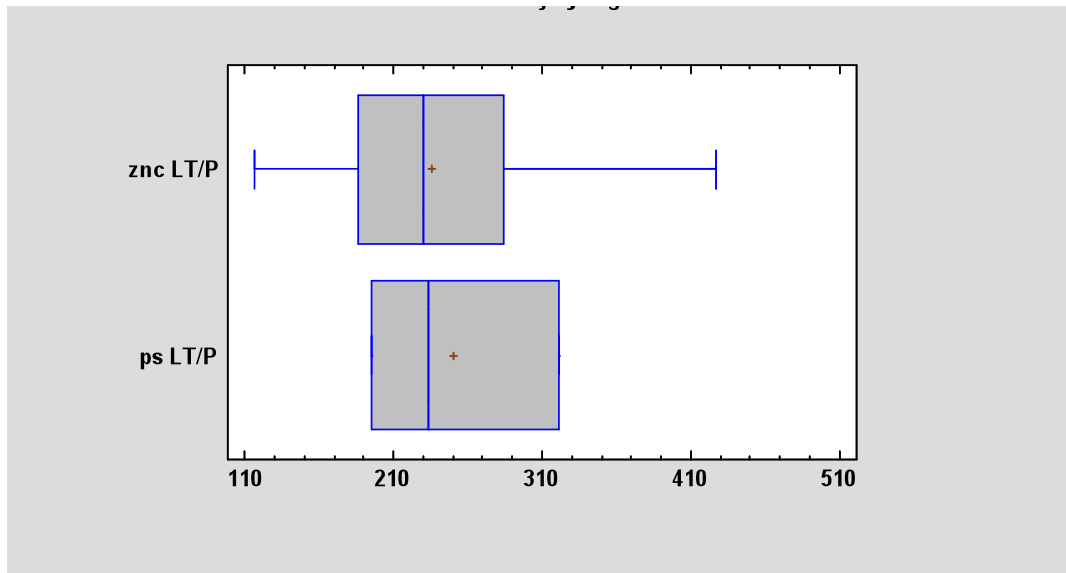
se muestra en la tabla 4, se sigue observando una pequeña diferencia entre la Zona Norte Costa y Punta Sur, siendo los mapaches de la zona norte costa de menor tamaño. Para verificar si hay alguna diferencia significativa entre estas poblaciones, se realizó un análisis de comparación de medias utilizando el programa STATGRAGHICS CENTURION XVII.



**Gráfica 1.** Comparación de medias de la proporción Longitud total/Longitud de la cola (LT/ CV), entre individuos de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

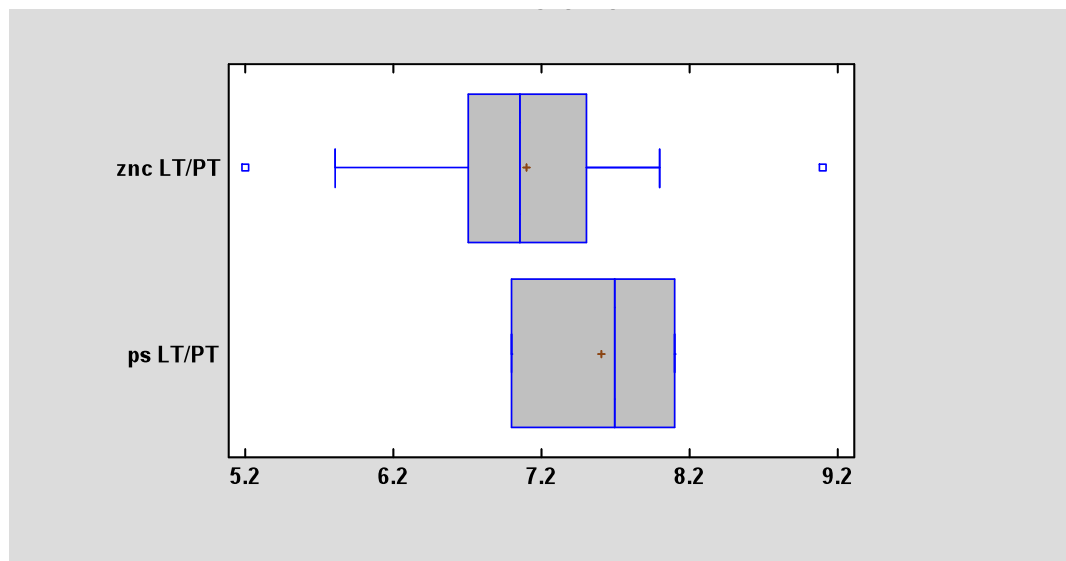
Como se observa en la gráfica 1, no se encontraron diferencias significativas. Con respecto a la proporción entre la Longitud total y la Longitud de la cola ( $P > 0.319$ ) entre las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur. Si bien observamos que la talla de los individuos de la Zona Norte Costa es más pequeña con respecto a los de Punta Sur, al observar las proporciones éstas se encuentran dentro del rango que corresponde a la especie (2.7-3.3 mm).





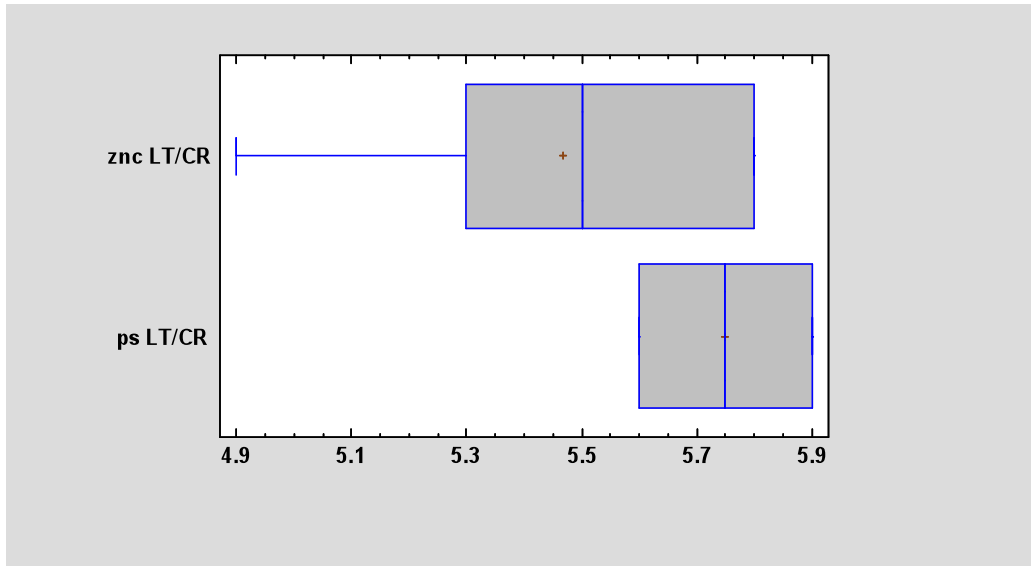
**Gráfica 2.** Comparación de medias de la proporción Longitud total y Peso (LT/P), entre individuos de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

En la gráfica 2 se observa que no hay diferencias significativas entre La longitud total y el Peso ( $P > 0.773$ ) entre las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur. El peso de los individuos de la Zona Norte es mayor que los de Punta Sur, sin embargo al observar las proporciones éstas se encuentran dentro del rango (120-426.6 mm), que corresponde a las medias morfométricas de la especie.



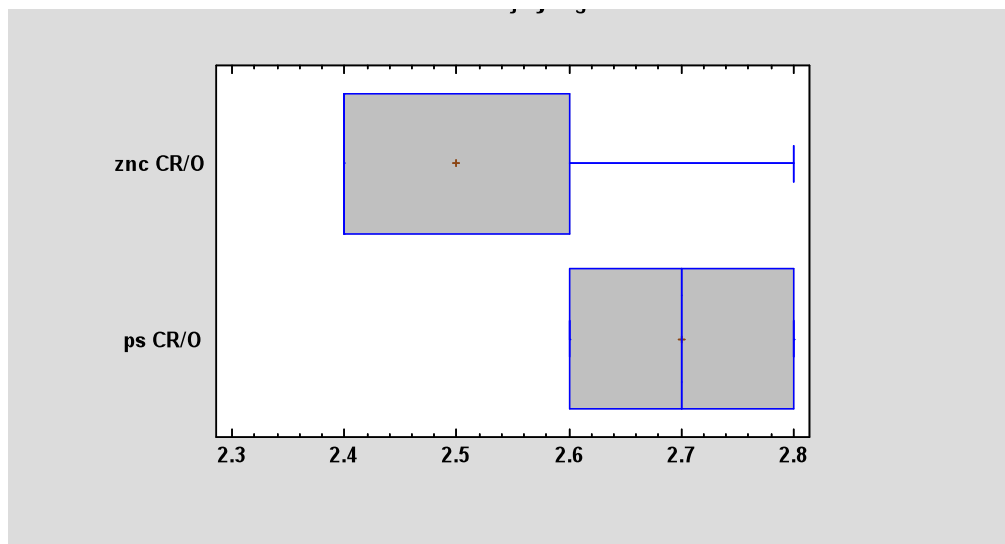
**Gráfica 3.** Comparación de medias de la proporción Longitud total/ Longitud de la pata trasera (LT/PT), entre los individuos de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

Como se observa en la gráfica 3, no se encontraron diferencias significativas en las proporciones entre la longitud total y la longitud de la pata trasera ( $P > 0.331$ ) entre las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur.



**Gráfica 4.** Comparación de medias de la proporción longitud total/ ancho del cráneo (LT/CR) entre individuos de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

La gráfica 4 muestra que no hay diferencias significativas entre la proporción Longitud total y el ancho del cráneo ( $P > 0.267$ ) entre las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur.



**Gráfica 5.** Comparación de medias de la proporción Ancho del cráneo/Oreja (LT/O), entre individuos de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

No se observaron diferencias significativas en las proporciones del ancho del cráneo y la longitud de la oreja ( $P > 0.103$ ), de las poblaciones de la Zona Norte Costa y Punta Sur.

**Tabla 5.** Comparación de medias de las proporciones morfométricas del mapache enano ( $p < 0.05$ ): longitud de la cola (CV), peso (P), longitud de la pata trasera (PT), ancho del cráneo (CR) y longitud de la oreja (O).

Comparación de medias	t	p
LT/CV	-1.020	0.319
LT/P	-0.29	0.773
LT/PT	-0.993	0.331
LT/CR	-1.182	0.267
CR/O	-1.809	0.103

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de las dos muestras de datos, con un nivel de confianza del 95.0% ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 6.** Comparación de la desviación estándar de la longitud total entre las proporciones de las dos poblaciones del mapache enano.

Comparación de la desviación estándar	F	p
LT/CV	2.723	0.604
LT/P	1.504	0.947
LT/PT	2.251	0.704
LT/CR	2.222	0.943
CR/O	1.0	0.713

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre las dos poblaciones Zona Norte Costa y Punta Sur de mapache enano ( $P > 0.05$ ).

**Diferencias en el color del pelaje y comportamiento del mapache enano (*Procyon pygmaeus*) en la Zona Norte Costa y Punta Sur de la Isla de Cozumel, Quintana Roo, México**

La población del mapache enano en la zona norte presenta el color del pelo gris con amarillo, la cola amarilla y los anillos color negro, aunque los anillos no son claramente distinguibles. La población de mapache enano en punta sur tiene pelaje gris, los anillos de la cola son más notorios. Las diferencias en el color podría deberse a la alimentación.



**Figura 10.**Mapache enano de la Zona Norte Costa.



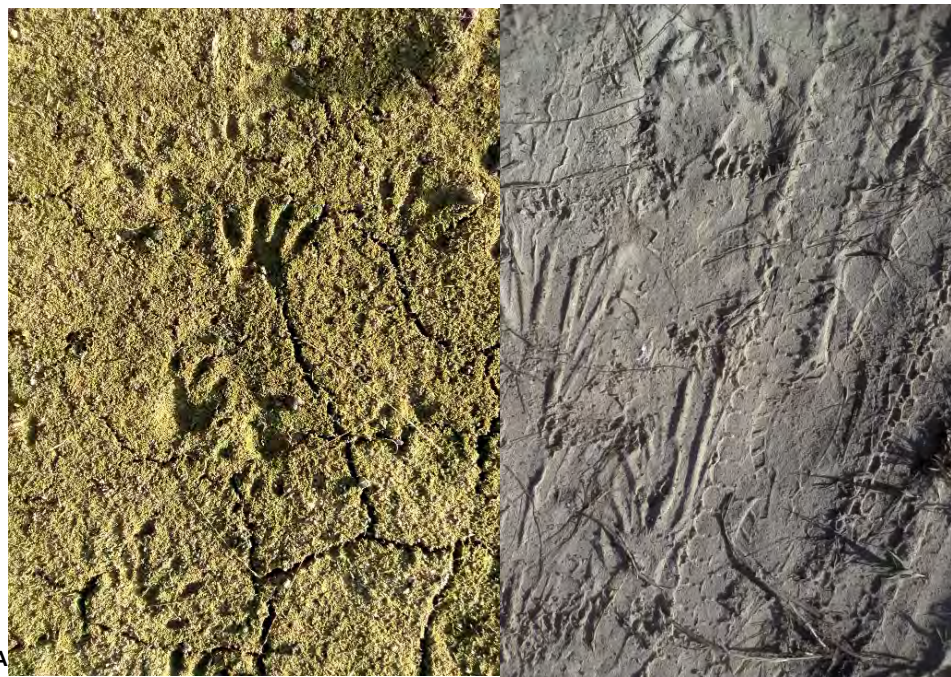
**Figura 11.**Mapache enano de Punta Sur.

Los mapaches de la Zona Norte Costa están habituados a que los turistas o los pobladores locales les den alimento como frituras, pan, fruta, etc., esto ha provocado que se hayan familiarizado con los seres humanos y parezcan semidomesticados y por ello ya no sean capaces de buscar su propio alimento, en comparación con los mapaches de Punta sur que muestran un comportamiento diferente, más silvestre, debido quizá a que se encuentran en un parque ecológico donde hay más vigilancia para evitar que la gente alimente a los animales.

## Análisis de huellas de mapache enano en la zona norte y zona sur de la isla de Cozumel

Las manos y las patas presentan cinco dedos largos con garras cortas y delgadas, además de un cojinete plantar (Figura 12 y Figura 13). A los mapaches les gusta estar en las cercanías o en las orillas de las corrientes y cuerpos de agua (Aranda-Sánchez, 2012). Las huellas se encontraron en la duna costera en punta sur y la zona costa norte y las huellas del campo de golf cerca de vegetación inundable.

Las patas miden entre 4.0 Y 9.0 cm de largo y las manos alrededor de 5.0 cm.



**Figura 12.** Huella del miembro torácico izquierdo del mapache enano en el campo de golf Country Club (A) y miembro pélvico (pata trasera) en la Zona Norte Costa (B).



**Figura 13.** Huella de la mano izquierda (rojo) y patas traseras (azul) del mapache enano en el Parque Punta sur.

### **Protocolo de contención química para el mapache enano**

Como se mencionó en la descripción del método, el promedio calculado de dosis de Dexdomitor fue de 0.2 ml, según la tabla de referencia del sedante para un peso de 2 a 3 kg. La dosis aplicada tuvo que ser incrementada hasta 0.4 ml, esto, debido a que con la dosis recomendada no se dormían los animales debido a su estado de excitación, así que fue necesario aplicar 0.2 ml adicionales. Al inicio, el sedante hacía efecto en 10 min y se podía manejar completamente a los animales durante los siguientes 60 minutos que permanecían completamente sedados; cuando se terminaba de hacer la manipulación se les aplicaba un antagonista del Dexdomitor, el Antisedan, en la misma dosis del sedante, para que el animal se recuperara rápido; el tiempo de recuperación fue, en promedio, de 8 minutos, después de lo cual los animales quedaban completamente despiertos.

---

## DISCUSIÓN

La biogeografía de islas nos permite observar los casos de disminución gradual en el rango y número de taxones que han podido cruzar cada vez mayores anchuras oceánicas, de modo que cuanto más remota es la isla es más desarmónico el ensamblaje y las mayores oportunidades de radiación adaptativa son hacia el borde del rango de un taxón en particular. Varios autores hacen énfasis en que diferentes grupos de islas tienen sus propias circunstancias e historias espaciales y las teorías no necesariamente pueden abarcar todos los casos. Una alternativa es considerar múltiples hipótesis de trabajo. Sin embargo, con frecuencia, un linaje particular no refleja la operación de un solo proceso, sino de varios. Por lo tanto, puede no ser posible explicar la biogeografía general de un linaje de isla por medio de un único modelo; más bien, deberán considerarse aspectos tales como el desplazamiento de caracteres, una doble invasión o el ciclo del taxón. Haber establecido la relevancia de factores como la configuración biogeográfica regional, el cambio ambiental, las diferencias de dispersión entre los taxones, área de la isla, la diversidad del hábitat de la isla, así como su aislamiento y configuración, parece ser valioso para tratar de colocar al menos algunos de estos en un marco común (Whittaker, 1998).

Debido al estatus de conservación del mapache enano, actualmente considerado en peligro de extinción, es imprescindible actualizar su distribución y el impacto de los factores que le han llevado a ocupar ese lugar en la Lista Roja de Especies Amenazadas. Durante años esta especie ha sufrido la fragmentación de su hábitat, por lo que se ha sugerido que su población se está aislando en dos subpoblaciones en las zonas norte y sur de la isla de Cozumel (McFadden, 2004).

En 1987, el mapache enano fue registrado en cinco sitios de la isla de Cozumel: isla de la pasión, un sitio cerca de San Miguel Cozumel, San Gervasio, El Cedral y Punta Chunchacab, (Navarro y Suárez, 1989). La distribución actual del mapache enano en la isla, muestra un patrón discontinuo de la población en dos zonas: la zona norte y zona sur de la isla. Una de las hipótesis para explicar este patrón de distribución es la existencia de la carretera transversal de la isla, causando que la especie no se distribuya hacia el sur y viceversa (Cuarón *et al.*, 2004). Sin embargo, debe considerarse que, si bien la carretera transversal, tanto como la perimetral significan elementos importantes de la fragmentación del hábitat en la isla, el ámbito hogareño del mapache enano puede no

---

necesariamente rebasar los límites de la carretera; ya que se ha observado una distancia promedio para éste, de 4 km a la redonda, motivada principalmente por la búsqueda de alimento y en su caso, la reproducción.

Si bien los hábitos de esta especie son nocturnos, en la zona norte se puede observar más la presencia del mapache enano durante el día debido a que los pobladores locales y los turistas los alimentan. Lo anterior es muy perjudicial para la especie, pues siendo un animal omnívoro, cuya dieta incluye desde frutos hasta pequeños mamíferos pasando por moluscos, crustáceos e insectos, tales hábitos están siendo fuertemente modificados por la influencia del hombre, conduciendo a un fenómeno de semidomesticación en este lugar, modificando sus hábitos de modo que el mapache ahora busca en los basureros los restos de comida humana. La primera consecuencia de esto es la eventual incapacidad del mapache de obtener su propio alimento en las zonas de manglar; la siguiente consecuencia, ya observable, es el desplazamiento de la población de mapaches hacia la zona hotelera en las inmediaciones de su hábitat, en busca de alimento en los basureros.

En 1999 ya se observaban individuos a lo largo del camino de tierra que va al noreste cerca de San Miguel y que termina cerca de la isla La Pasión (Cuarón *et al.*, 2004); desde entonces los mapaches ya empezaban a desplazarse hacia la zona hotelera en busca de alimento. Este fenómeno, junto con la fragmentación del hábitat, impacta en detrimento del tamaño de la población. En un estudio realizado en el 2006 capturaron y observaron mapaches en la zona centro de la isla, en el noreste del sitio arqueológico de San Gervasio y en la zona noroeste de Cozumel (Villa-Meza *et al.*, 2011). En el presente estudio no se capturaron ni se observaron mapaches en las dos primeras zonas, sólo coincidiendo en la zona noroeste de la isla; la mayor captura se realizó en la zona de manglar de la porción norte de la isla y en el bosque tropical semiperenne aledaño al manglar, lo que es congruente con los hábitos de esta especie y con lo reportado por otros autores (McFadden *et al.*, 2009). Sin embargo, no se obtuvieron capturas en el manglar de la zona sur de la isla (Parque Punta Sur), pero sí en el tasistal, registrándose rastros de huellas en zonas arenosas. Con respecto a la dieta del mapache, se ha documentado que prefiere como alimento los cangrejos (McFadden *et al.*, 2006), observándose en Punta sur donde su comportamiento ha sido menos impactado por la influencia del hombre; es decir, en esa zona fue muy difícil observar mapaches y capturarlos, ya que ahí no están acostumbrados al alimento que los turistas o los pobladores locales les ofrezcan, por lo que aún dependen de sus hábitos silvestres para



alimentarse y no socializan con el humano. Caso similar en la costa oriental de la isla, donde sus hábitos son diurnos y su alimentación se basa todavía en la fauna costera.

La aparición de barreras que están fragmentando el hábitat del mapache enano y comprometen el flujo génico de la población, aunado al riesgo de transmisión de patógenos por la exposición a fauna exótica o feral (Bautista, 2006; Cuarón *et al.* 2009; Martínez-Morales y Cuarón 1999; Romero-Nájera *et al.* 2007; Sotomayor 2009; Torres 2006), la intervención del hombre con el consecuente cambio de hábitos de la especie y a la fragilidad del hábitat debido a fenómenos naturales como los huracanes, son los factores más determinantes que pueden explicar el evidentemente reducido tamaño de la población. El patrón discontinuo que refleja nuestro estudio es evidencia del impacto de todos los aspectos anteriores sobre la población de mapache enano. Sin embargo esto no significa que la población del mapache enano se esté dividiendo en dos subpoblaciones, hipótesis que no fue sustentada por el análisis morfométrico.

En estudios previos (Merriam, 1901) se reportaron mediciones externas de una hembra y un macho; la longitud total ♂667 mm, ♀665 mm; longitud de la cola ♂230 mm, ♀250mm; longitud de la pata ♂90 mm, ♀97 mm. En 1989, Navarro y Suárez reportaron la longitud total media de seis mapaches adultos y siete hembras capturados en Punta Chunchacab y la isla de la pasión de 687 (675-708), 657.7 (580-680) mm. García-Vasco (2005) reportó una longitud total media para nueve machos adultos y 14 hembras de 790.3 mm ( $\pm 15.9$  DE), 740.6 mm ( $\pm 6.1$ ). En 2003, se reportaron 36 machos y 42 hembras con una longitud total media para mapaches adultos de 755 mm (McFadden *et al.*, 2013). En estos dos últimos estudios, los mapaches fueron capturados en la zona noroeste de la isla de Cozumel con una longitud total media de las dos poblaciones reportadas de 696.5 $\pm$ 81.8 mm; en nuestro estudio, para la población de mapaches de la Zona Norte Costa la longitud total media fue de 686.5 $\pm$ 38.05 mm y la longitud total media de la población de Punta Sur fue de 763.3 $\pm$ 15.5 mm. Estas medidas entran en el rango que reportan los autores.

Se compararon las dos poblaciones de mapache enano de la isla para saber si había diferencias morfométricas entre ellos. Los resultados mostraron que no hay diferencias estadísticamente significativas, esto quiere decir que en cuestión de morfología la población de mapache enano de la zona Norte costa y Punta Sur son parecidas. Se esperaba encontrar diferencias en el ancho del cráneo, ya que éste, siendo un carácter evolutivo, sería un indicador de cambio genético en las poblaciones, pero no se

observaron diferencias estadísticamente significativas. Esto nos indica que la población no se está dividiendo en subpoblaciones. Lo que sí se observó fueron diferencias en el color de pelo, lo que podría deberse a la alimentación, como ya se ha mencionado los mapaches de la Zona Norte Costa están acostumbrados a la comida humana mayormente a las frituras, en cambio los mapaches de Punta sur (Parque Punta Sur) se alimentan de cangrejos, frutas y huevos de tortuga, ocasionando que los mapaches de la Zona Norte estén presentando signos de obesidad por la mala alimentación.

Este estudio nos ha permitido actualizar la distribución y estatus del mapache enano en la isla de Cozumel y hace evidente la urgente necesidad de establecer un programa formal de protección de la especie.

---

## CONCLUSIONES

1. La distribución del mapache enano actualmente está en la Zona Norte y Punta Sur de la Isla de Cozumel. A pesar de que otros autores encontraron mapache enano en áreas de selva en este estudio no se obtuvo captura en esa área, pero si se obtuvo en áreas de manglar ya que es su hábitat natural y preferido. Se encontraron huellas en el campo de golf y Playa Mía pero no se obtuvo captura.
2. El comportamiento del mapache enano está cambiando en la zona norte; está empezando a perder su estado silvestre, ya no busca su alimento espera a que los pobladores locales lleguen para que los alimenten y se están desplazando donde puedan obtener alimento de los basureros como en los hoteles y zonas residenciales cercanos a su hábitat.
3. Se capturaron más individuos en la zona norte costa que en Punta Sur, pero esto no quiere decir que no haya más individuos en Punta Sur, esto se debió a que los mapaches de la zona norte ya están acostumbrados al contacto con la gente y fue más fácil capturarlos con las redes y las trampas.
4. Sin embargo, los mapaches de Punta Sur todavía conservan su estado silvestre; esto se debe a que están en un parque natural está controlado el acceso de las personas ya que tienen prohibido alimentar a la fauna silvestre.
5. Durante los muestreos se aumentó la dosis del sedante Dexdomitor debido a que los mapaches estaban excitados y no se tranquilizaban con la dosis recomendada del sedante, se hizo un aumentó de 0.2 ml teniendo una dosis final de 0.4 ml ya con esta dosis se quedaban sedados en 10 min y se podía hacer la contención física completamente de los animales, cuando se terminaba de hacer la manipulación del mapache se aplicaba el antagonista del sedante Antisedan se aplicó la misma cantidad del sedante 0.4 ml y reaccionaban en 8 min.
6. La morfometría del mapache enano de las dos poblaciones de este estudio no se encontraron diferencias significativas debido a que no hay un cambio genético entre las poblaciones, por lo cual no se puede hablar que la población de mapache enano se está dividiendo en subpoblaciones, la única diferencia que se encontró

fue el color de pelaje esto debido a un cambio de conducta que es la alimentación a causa del ser humano.

7. Han sufrido fragmentación de su hábitat por la creación de hoteles, casas habitacionales cercanas a las playas y la creación de carreteras que no están permitiendo la continuidad del flujo génico, también poniendo en riesgo al organismo aumentando su mortalidad ya que tienen que cruzar la carretera, recientemente aprobaron la pavimentación de la carretera norte donde está la principal población del mapache enano esto sería un riesgo ya que los autos aumentarían su velocidad ocasionando la mortalidad de la especie. Otro problema que está ocurriendo es la privatización de la zona norte también sería un riesgo ya que los turistas que vayan de visita alimentarían a los mapaches sin vigilancia, los propios servidores turísticos de esta zona promueven la alimentación del mapache dándoles de comer y tirando basura. La presencia de animales ferales en su hábitat está ocasionando que los mapaches se contagien de patógenos.
8. Se capturaron dos tlacuaches, un coatí y se observaron jabalíes en la selva mediana subcaducifolia.

## CONSERVACIÓN

El saber la distribución del mapache enano y otras especies de mamíferos medianos endémicos de la isla ya es una ventaja para poder protegerlos, ya que la principal amenaza es la destrucción y fragmentación de su hábitat por el desarrollo de hoteles y residencias en la costa, ocasionando parches, brechas afectando la dispersión y el flujo genético; otro problema son los fenómenos meteorológicos (huracanes). Sin un lugar donde habitar la población de mapache enano corre peligro de extinguirse.

La comunidad de Cozumel lamentablemente no tiene la cultura de cuidar y proteger a la fauna silvestre endémica, por lo que se han encontrado mapaches y otras especies de mamíferos atropellados por los autos a alta velocidad que no tienen la precaución en el paso de fauna silvestre en la carretera. También los han acostumbrado a la comida humana lo que ha provocado que se desplacen hacia los hoteles y residencias que están cerca de su hábitat en busca de alimento en los basureros.

El gobierno municipal, a través de la dirección de ecología, en un intento por cuidar a la fauna silvestre, colocó anuncios con el objetivo de concientizar a la comunidad de bajar la velocidad de sus autos en el paso de fauna silvestre y evitar que las sigan atropellando, pero desafortunadamente eso no ha funcionado. A continuación se sugieren estrategias para la conservación del mapache enano.

---

## PROPUESTAS

1. Creación de UMAS para la reproducción e incremento de la población del mapache enano.
2. Realizar un plan de manejo técnico-biológico para la conservación del mapache enano.
3. Dar pláticas en escuelas públicas y privadas sobre la biología y ecología del mapache; por ejemplo, su temporada de reproducción, alimentación, importancia ecológica, etc.
4. Llevar a los estudiantes al campo para que conozcan a la especie en su estado natural y esto ayude a tomar conciencia sobre la fauna de la isla que está sufriendo grandes impactos con la destrucción y fragmentación de su hábitat.
5. Hacer campañas de concientización a la población para que conozcan la fauna y flora endémica que habita en la isla con el objetivo de ayudar en el cuidado del ambiente natural, así como inculcar la educación ambiental y responsabilidad de mascotas (perros y gatos) para que no los dejen en la calle ya que estos se desplazan hacia las costas en busca de alimento, atacan a la fauna silvestre en su hábitat y además de contagiarlos de enfermedades.
6. Contratar a guarda parques para la vigilancia de la zona norte para que los visitantes y la población local no alimente a los mapaches con comida chatarra.
7. Multar a las personas que se sorprendan alimentando a los mapaches o alguna otra especie silvestre. Igualmente a la que abandone a su mascota (perro y gato) en la calle.
8. Realizar libros de divulgación que contengan información general de la especie y consejos para proteger al mapache.
9. Evitar la pavimentación de la carretera y la privatización de la zona norte.
10. Establecer el programa permanente de monitoreo y protección del mapache enano, sustentado en más estudios científicos sobre la fauna endémica de la isla, aplicando estrategias que garanticen verdaderamente su conservación; es decir, que permitan la continuidad del flujo génico y los procesos de adaptación y especiación de la especie.

---

## ANEXO 1

- 1.- Usando la micropipeta se agregó 20 µl de proteinasa K en un tubo de microcentrífuga de 2ml. Se añadió 100 µl de sangre anticoagulada y se agregó 100 µl de PBS.
- 2.-Se añadió 200 µl de buffer AL (sin etanol añadido). Se mezcló completamente con pipeteo y se incubo a 56 °C durante 10 min.
- 3.- Se añadió 200 µl de etanol (96-100%) a la muestra y se mezcló completamente con pipeteo.
- 4.- Con la micropipeta se trasladó la muestra obtenida en la etapa 3 a la columna DNeasy Mini previamente colocada en un tubo de recolección de 2 ml. Se centrifugo a 8000 rpm durante 1 min. Se desechó el líquido y el tubo de recolección.
- 5.-Se colocó la columna de centrifugación DNeasy Mini en un nuevo tubo de recolección de 2 ml, se agregó 500 µl de buffer AW1 y se centrifugo durante 1 min a 8000 rpm. Se desechó el líquido y el tubo de recolección.
- 6.-Se colocó la columna de centrifugación DNeasy Mini en un nuevo tubo de recolección de 2 ml, se agregó 500 µl de buffer AW2 y se centrifugo por 3 min a 14000 rpm para secar la membrana DNeasy. Se desechó el líquido filtrado y el tubo de recolección.
- 7.-Se colocó la columna de centrifugación DNeasy Mini en un tubo limpio de microcentrífuga de 2 ml y se agregó 200 µl de buffer AE directamente sobre la membrana DNeasy. Se incubó a temperatura ambiente durante 1 min y se centrifugo a 8000 rpm durante 1 min.
- 8.- El paso 7 se repitió para obtener una máxima cantidad posible de ADN.

---

## LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2007. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna Isla de Cozumel, Quintana Roo, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). México. D.F.130 p.
- Aranda Sánchez J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Azofeifa-Delgado, A. 2006. Uso de marcadores en plantas: Aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana* 17 (2): 221-242.2006. ISSN: 1021-7444.
- Blas, R. 2010. Marcadores moleculares. Facultad de agronomía. Departamento de Fitotecnia.
- Cuarón, A., M. Martínez, K. McFadden., D. Venezuela y M. Gompper. 2004. The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 13:317–331 p.
- Domínguez-Domínguez O & Vázquez-Domínguez E. 2009. Filogeografía: Aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32.1:59-70.
- Eguiarte L., Souza V. y Aguirre X. 2007. Ecología molecular. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Espinosa, D. *et al.* 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en capital natural de México, vol.I: conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. 33-65 p.
- Fernández J. 2012. Phylogenetics and biogeography of the microendemic rodent *Xerospermophilus* Perote ground squired) in the oriental basin of México. *Journal of Mammalogy* 93 (5).
- López-Mejía, M. 2006. Diversificación de *Procambarus* (*Villalobosus*) Hobbs, 1972 (Crustacea: Decapoda: Cambaridae). Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. 227 p



- 
- McFadden, K. 2004. The Ecology, Evolution and Natural History of the Endangered Carnivores of Cozumel Island, Mexico. Thesis doctoral. Columbia University. Doctor of Philosophy in the Graduate School of Arts and Sciences. 133 p.
- McFadden K. W., Sambrotto R. N., Medellín R. A y Gompper M. E. 2006. Feeding habits of endangered pygmy raccoons (*Procyon pygmaeus*) based on stable isotope and fecal analyses. *Journal of Mammalogy* 87(3):501-509, 2006.
- McFadden K. W., García-Vasco D., Cuarón A., Valenzuela-Galván D., Medellín R. A. and Gompper M. E., 2009. Vulnerable island carnivores: the endangered endemic Dwarf procyonids from Cozumel Island. *Biodivers Conserv.* Springer. DOI 10.1007/S10531-009-9701-8.
- McFadden K.W. and Meiri S. 2013. Dwarfism in insular carnivores: a case study of the pygmy raccoon. *Journal of Zoology* 289:213-221.
- Merriam C. H. 1901. Six new mammals from Cozumel Island, Yucatan. *Proceedings of the biological society of Washington* 14:99-104.
- Navarro, D., T. Jiménez, y J. Juárez. 1990. *Los mamíferos de Quintana Roo*. En: Biodiversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de *Sian Ka'an*, Quintana Roo, México. Eds. Navarro, D y Robinson, J. Centro de Investigación de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Navarro, D. 1992. *Los mamíferos de Quintana Roo en peligro de extinción*. Cuaderno de divulgación 3. Primera edición. Centro de Investigaciones Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Orellana R., F. Nava y C. Espadas. 2008. El clima de Cozumel y la Riviera Maya. En: Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel. Plaza y Valdés/ Universidad de Quintana Roo.
- Pacheco M. y Vega F. J. 2008. Reseña Geológica. En: Biodiversidad acuática de la isla de Cozumel. Plaza y Valdés/ Universidad de Quintana Roo.

- POEL. 2005. Programa de Ordenamiento Ecológico local del municipio de Cozumel, Quintana Roo. Primera Fase. Caracterización y Diagnóstico.
- Romero-Nájera, I., A. D. Cuarón and C. González-Baca. 2007. Distribution, abundance and habitat use of introduced *Boa constrictor* threatening the native biota of Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and conservation* 16:1183-1195.
- Sotomayor, J. J. 2009. Asociación de *Leptospira* y los ratones endémicos y exóticos en la isla de Cozumel, México. Advanced BSc thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Torres, P. 2006. Distribución, abundancia y comportamiento de perros y gatos en la isla de Cozumel. MSc thesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vázquez-Domínguez E. 2005. Cap.14 Filogeografía y vertebrados. En ecología molecular.
- Villa-Meza A., Ávila-Flores R., Cuarón A., y Valenzuela-Galván D. 2011. *Procyon pygmaeus* (Carnivora: Procyonidae). American Society of Mammalogists. *Mammalian species* 43(877):87-93.
- Whitaker R-J. 1998. *Island Biogeography, Ecology, Evolution, and Conservation*. Oxford University Press. 285 p.