



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

“Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS MARTÍNEZ MONTES

DIRECTOR

DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE, 2020



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., a 11 de marzo del 2020.

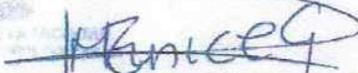
PRESIDENTE: DRA. MARCELA OSORIO BERISTAIN
SECRETARIO: DR. RAÚL E. ALCALÁ MARTÍNEZ
VOCAL: DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN
SUPLENTE: DR. LUIS BERNARDO VÁZQUEZ HERNÁNDEZ
SUPLENTE: DR. SERGIO FABIÁN NIGENDA MORALES

Por este medio comunico a Usted su designación como Miembro del jurado revisor del documento de tesis que presenta el Pasante de Biólogo: **C. Juan Carlos Martínez Montes**, con el título: **Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México.**

Se anexa formato para que exprese su decisión en un plazo no mayor de 10 días hábiles.

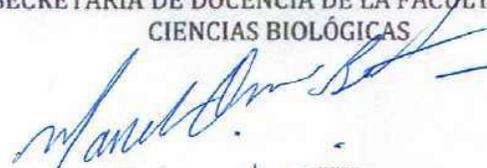
Sin más por el momento, reciba un cordial y afectuoso saludo.

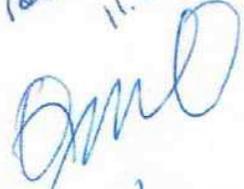
ATENTAMENTE
Por una humanidad culta


BIÓL. EUNICE MADAI DÍAZ GONZÁLEZ
SECRETARIA DE DOCENCIA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

C.c.p.- Interesado.
C.c.p. - Archivo
EMDG/mhm


Recibi
25-03-20


Recibi
Mayo 2020


11.03.20

RECIBI
11 MAR 2020

El jaguar tenía hambre. Encontró al tlacuache sosteniendo una piedra (Algunos dicen que esa piedra es el mundo).



AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis y, sobretodo, un amigo: el Dr. David Valenzuela quien siempre ha confiado en mí. Agradezco su (¡mucha!) paciencia, apoyo y grandes consejos para terminar este trabajo ¡Gracias Dr. David por contagiarme de su pasión por la conservación!

A mi comité tutorial, la Dra. Marcela Osorio y el Biól. Marco Lozano, profesores y tutores en esta importante etapa de mi vida. Agradezco su tiempo y atinados comentarios para que este trabajo llegara a buen fin.

Al Dr. Raúl Alcalá, gracias por sus comentarios como revisor los cuales me ayudaron a buscar la excelencia.

Al Dr. Sergio Nigenda, por su asesoría y comentarios como jurado, así como al financiamiento parcial del Proyecto CN-12-627 financiado por UC MEXUS-CONACYT.

A todos mis profesores e investigadores que me apoyaron durante esta etapa de formación profesional: ¡Gracias!

A mis amigos de la carrera: Leslie, Marilyn, Isry y a mi hermano, Alan. A ustedes gracias por tantos momentos que jamás voy a olvidar.

A César Rodríguez, de esos amigos que la biología te regala. Gracias por tu ayuda en los análisis, por el apoyo en Cozumel y, sobretodo, gracias por tu amistad.

A mi partner, Elía, y a Flory, Lidi, Maru y Sofia Ana Lucrecia, quienes siempre me han apoyado con revisiones, comentarios o en el trabajo de campo, además de muy buenos momentos. Amigas mías: ¡Muchas gracias!

Agradezco al personal del CIByC-UAEM: al Ing. Alejandro Mata, Don Gerardo, Don Alfredo, Goyo y muy especialmente a Don Enrique, a quien siempre recordaré con mucho cariño. Este trabajo va en su memoria. A ustedes, gracias por el apoyo logístico y en el trabajo de campo en El Limón y Quilamula, dentro de la REBIOSH.

Por el apoyo en Playa del Carmen, agradezco sinceramente al buen Biól. Hugo Rivas, a la Arq. Laura Cruz, a la M. en C. Carmen Sarmiento y al Equipo Ambiental de Huaribe SA de CV por todas las facilidades para realizar el muestreo en Mayakoba.

Agradezco a los titulares de centros de investigación e instituciones del CNUAEM, así como al personal de Venados UAEM por su apoyo logístico durante el muestreo de este trabajo en el campus universitario.

A todos los amigos y compañeros que me ayudaron a revisar y cargar al menos una trampa, o procesar alguna captura. Gracias César, Alan, Marilyn, Sofia Ana Lucrecia, Lidis, Gerardo, Maru, Danelly, Jaime (Marinero), Flory, Fabrizio, Fernando, Ferdinand, Kary, Cedrik... Pido disculpas si omito a alguien.

A mi familia, mis hermanos: Abi, Karla y Edwin y a mis padres: Jesús y Dany. Eternas gracias por siempre estar ahí, por siempre apoyarme ¡Los amo!

A mi pedacito de Edén y compañera de vida; Karime, y a mi pequeño gran motor, el principio de mi orgullo; Cedrik. Ustedes son mi luz, son todo.

Y, finalmente ¡Gracias, tlacuaches!

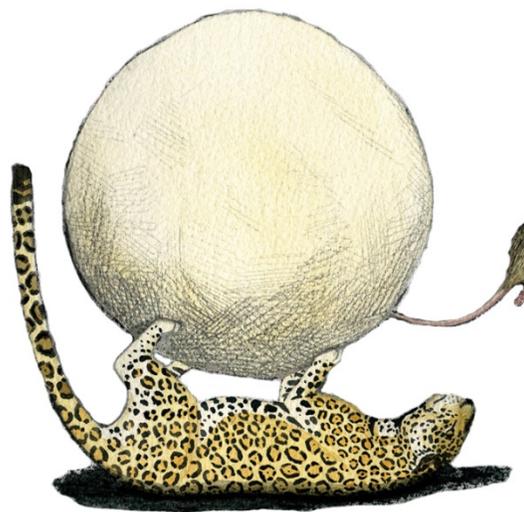
DEDICATORIA

A Karime, mi luz.

A Cedrik, mi orgullo.

A mis padres, mis pilares.

Al tratar de comérselo, el astuto anciano volvió a engañarlo. Y fue entonces en busca del fuego.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VIII
1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 Variación fenotípica.....	1
1.2 Variación fenotípica en tamaño corporal	2
1.3 Variación fenotípica en color del pelaje.....	5
1.4 <i>Didelphis virginiana</i> Kerr 1972	7
2 OBJETIVO GENERAL.....	12
3 OBJETIVOS PARTICULARES	12
4 HIPÓTESIS.....	13
5 JUSTIFICACIÓN.....	13
6 METODOLOGÍA.....	14
6.1 Área de estudio	14
6.1.1 Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CNUAEM).....	14
6.1.2 Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH)	15
6.1.3 Cozumel	17
6.1.4 Playa del Carmen	18
6.2 Captura y caracterización de individuos.....	20
6.3 Esfuerzo y éxito de captura	22
6.4 Análisis de variación en tamaño corporal.....	23
6.5 Análisis de variación en coloración del pelaje	24
6.5.1 Registro de fotografías	24
6.5.2 Análisis de las fotografías.....	25
7 RESULTADOS	27
7.1 Muestreo y captura.....	27
7.1.1 CNUAEM.....	27
7.1.2 EL Limón de Cuauchichinola	28
7.1.3 Quilamula	29

7.1.4	Playa del Carmen	31
7.1.5	Cozumel	32
7.2	Análisis de variación en tamaño corporal.....	37
7.2.1	Variación corporal entre poblaciones.....	37
7.2.2	Variación en tamaño corporal entre sexos	40
7.2.3	Variación en tamaño corporal entre machos	41
7.2.4	Variación tamaño corporal entre hembras.....	44
7.3	Análisis de variación en coloración del pelaje	47
8	DISCUSIÓN.....	52
8.1	Variación en tamaño corporal	52
8.2	Variación en color del pelaje	58
9	CONCLUSIONES	62
10	LITERATURA CITADA	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales características ambientales de las cinco localidades estudiadas.....	20
Cuadro 2. Esfuerzo de muestreo y resultados en las cinco localidades estudiadas.	34
Cuadro 3. Valores morfométricos promedio y desviación estándar de 78 tlacuaches adultos capturados en cuatro localidades en México.	35
Cuadro 4. Contribución de cada variable para los componentes principales I, II y II en el análisis entre poblaciones.	38
Cuadro 5. Test de Friedman y posthoc para variación del fenotipo en tamaño corporal entre cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i> en México.	39
Cuadro 6. Contribución de cada variable para los componentes principales I, II y III en el análisis entre poblaciones.	41
Cuadro 7. Contribución de las variables en los componentes principales I, II, III y IV obtenidos del análisis de 12 variables morfométricas en machos de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i>	42
Cuadro 8. Variación poblacional entre machos de <i>D. virginiana</i> en tamaño corporal.	43
Cuadro 9. Contribución de las variables en los componentes principales I, II, III y IV obtenidos del análisis de 12 variables morfométricas en hembras de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i>	45
Cuadro 10. Variación poblacional entre hembras de <i>D. virginiana</i> en tamaño corporal.	46

Cuadro 11. Test de Friedman y posthoc para la coloración en oreja en cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México. 47

Cuadro 12. Test de Friedman y posthoc para la coloración en las patas en cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México. 47

Cuadro 13. Media de la coloración en pixeles de las 6 diferentes partes del cuerpo de los tlacuaches de 4 poblaciones en México. 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dicromatismo en <i>D. v. californica</i> y <i>D. v. yucatanensis</i> : a) fase clara y b) fase oscura. Ilustración personal basada en la descripción de Gardner (1973) y observaciones personales.....	9
Figura 2. Distribución geográfica de <i>Didelphis virginiana</i> (área sombreada gris limitada por una línea punteada roja) en diferentes entornos (Gardner, 1973).	11
Figura 3. Ubicación geográfica del CNUAEM (rojo) en Cuernavaca, Morelos	15
Figura 4. Localización de las comunidades de El Limón y Quilamula (puntos rojos) y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (verde), en el Estado de Morelos. .	17
Figura 5. Ubicación geográfica de la isla Cozumel.....	18
Figura 6. Localización geográfica del complejo turístico Mayakoba (en verde), al noreste de Playa del Carmen, Quintana Roo, México.....	19
Figura 7. Puntos fotografiados en cada tlacuache adulto capturado: 1) Rostro, 2) Orejas, 3) Manos y patas, 4) Cola y 5) En negro, los nueve puntos del pelaje dorsal (Imagen modificada de Babb <i>et al.</i> 2004).....	25
Figura 8. Sitios de muestreo dentro del Campus norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CNUAEM).....	28
Figura 9. Sitios de muestreo en la comunidad El Limón de Cuauchichinola, en Tepalcingo, Morelos	29
Figura 10. Sitios de muestreo en la comunidad Quilamula, en Tlaquiltenango, Morelos	30
Figura 11. Sitios de muestreo dentro del complejo turístico Mayakoba, en Playa del Carmen, Quintana Roo.	32

Figura 12. Sitios de muestreo en Cozumel: 1 y 2. Zona urbana y conurbada de San Miguel de Cozumel 3. CAPA IV 4. CAPA I 5. Reserva estatal “Selvas y Humedales de Cozumel” y 6. Punta Sur	33
Figura 13. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis de 12 variables morfométricos de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i> en México.	37
Figura 14. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis por sexos de 12 variables morfométricos de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i> en México.....	40
Figura 15. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis 12 variables morfométricos en machos de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i> en México.....	42
Figura 16. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis 12 variables morfométricos en hembras de cuatro poblaciones de <i>D. virginiana</i> en México.....	44
Figura 17. Diagrama de caja para la media de la coloración del dorso de los individuos de <i>D. virginiana</i> de cuatro poblaciones en México	49
Figura 18. Diagrama de caja para la media de coloración de la mejilla en los individuos de <i>D. virginiana</i> de cuatro poblaciones en México.	49
Figura 19. Diagrama de caja para la media de coloración de las patas en los individuos de <i>D. virginiana</i> de cuatro poblaciones en México.	50
Figura 20. Diagrama de caja para la media en coloración de la porción negra de la cola en los individuos de <i>D. virginiana</i> de cuatro poblaciones en México.	50

Figura 21. Diagrama de caja para la media de la coloración de la porción blanca de la cola de los individuos de *D. virginiana* pertenecientes a cuatro poblaciones en México..... 51

RESUMEN

La variación fenotípica de los organismos es el resultado de la variación genotípica y el ambiente que lo rodea. Por esta razón, muchas especies de mamíferos con amplia distribución geográfica y por lo tanto en diferentes tipos de ambientes, pueden experimentar variación intraespecífica en alguna expresión fenotípica, como por ejemplo el tamaño corporal o el color del pelaje. El tlacuache nortero, *Didelphis virginiana*, es un mamífero marsupial de la familia Didelphidae que se encuentra presente en una gran variedad de entornos desde el sur de Canadá hasta el Noroeste de Costa Rica por lo que representa una especie ideal para estudios de variación fenotípica en relación al ambiente. En este estudio se evaluó y describió la variación fenotípica en talla y coloración del pelaje presente en poblaciones de *Didelphis virginiana* en cuatro sitios con ambientes contrastantes en México: el Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CNUAEM), la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla en Morelos, la Isla Cozumel y Playa del Carmen, en Quintana Roo, mediante el análisis de 12 medidas morfológicas en 78 tlacuaches adultos (37 machos y 41 hembras) capturados en los cuatro sitios de muestreo.

Se encontró que las poblaciones de CNUAEM y Cozumel son las que marcan separaciones estadísticamente significativas. En el CNUAEM, los tlacuaches son en promedio más pesados y grandes que el resto de las poblaciones lo que puede deberse a la mayor altitud y a una temperatura media anual más baja que las otras tres localidades, por lo que el aumento en tamaño corporal de los tlacuaches en esta zona podría concordar con lo mencionado por la Regla de Bergmann, es decir,

un tamaño corporal mayor en zonas frías como una respuesta termorreguladora adaptativa. En Cozumel, los individuos muestran variación apreciable en su tamaño corporal con respecto a sus congéneres continentales, presentando medias más pequeñas en las medidas corporales de longitud , dicha variación parece ser en respuesta al efecto conocido como Regla de Foster, que se produce por las condiciones del hábitat insular (e.i., disponibilidad limitada de recursos) que impone una ventaja selectiva para los tamaños medios; ocasionando que los animales grandes o medianos disminuyan su tamaño corporal para un uso más eficiente de los recursos. Los análisis no encontraron variación significativa en el fenotipo de coloración del pelaje entre las poblaciones continentales estudiadas. Sin embargo, la coloración de los tlacuaches de Cozumel, los cuales son mayoritariamente de fase blanca, probablemente se explique por deriva genética.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Variación fenotípica

El fenotipo de un organismo reúne todas sus características y rasgos visibles mediados por el genotipo y el medio ambiente donde habita, los cuales están relacionados con aspectos que engloban desde su bioquímica hasta su estructura física (Johannsen, 1911; Cassidy y Morris, 2002; Violle *et al.*, 2007). El conjunto fenotípico presenta una gran extensión y complejidad, es por eso que el término “fenotipo” se usa comúnmente para hacer referencia a un rasgo concreto (o a un conjunto limitado de rasgos) del fenotipo completo de los individuos (Churchill 1974; Schmid 1992).

La variación fenotípica corresponde a las características diferenciales que se presentan en los fenotipos de los individuos de una misma especie y pueden ser el resultado de la variación genética (diferentes genotipos = diferentes fenotipos) o de la plasticidad fenotípica, es decir, que un genotipo dado tenga la suficiente flexibilidad para producir fenotipos en función de las condiciones ambientales en los que se encuentra (Bradshaw, 1965; Schlichting y Pigliucci, 1998; Schlichting, 2004; Pigliucci *et al.*, 2006; Whitman y Agrawal, 2009). Los cambios en los fenotipos dependen de factores bióticos como por ejemplo depredación, competencia intra e inter especie, selección sexual o abióticos como el pH, humedad, temperatura, precipitación, estacionalidad, altitud, entre otros (Schmid, 1992; Müller, 2007; Fusco y Minelli, 2010). A su vez, esta plasticidad se puede expresar también como cambios morfológicos, químicos, fisiológicos, conductuales, etc., en respuesta a la variación

de los factores ambientales mencionados (Cooper, 1998; Pigliucci y Schlichting, 1998; Teplitsky *et al.*, 2008).

Las respuestas plásticas son adaptativas solamente si representan un mecanismo mediante el cual el valor adaptativo relativo es mantenido o aumentado como consecuencia de la influencia ambiental (Dudley y Schmitt, 1996; Pigliucci y Schlichting, 1998).

La variación fenotípica en una especie cuyo rango de distribución ocupe diferentes ambientes puede, posteriormente, favorecer la formación de poblaciones localmente adaptadas (*i.e.*, ecotipos) por medio de la selección disruptiva (Hale, 2000; Schlichting, 2004). Una vez formados, las divergencias entre los ecotipos pueden evolucionar en un proceso que culminaría con la especiación simpátrica (Mayr, 1982).

Es por ello que resulta importante conocer los patrones y las causas ambientales que originan las variaciones fenotípicas intraespecíficas, ya que dicho conocimiento es fundamental para la comprensión de cómo una especie se estructura en el tiempo y en el espacio.

1.2 Variación fenotípica en tamaño corporal

El ambiente juega un papel fundamental en el desarrollo del fenotipo, razón por la cual aquellas especies con amplia distribución geográfica que abarcan diferentes tipos de ambientes, pueden experimentar variación intraespecífica en alguna expresión fenotípica, como el tamaño corporal o el color del pelaje (Schmid, 1992; Cooper, 1998).

Desde el siglo XIX, la relación entre la variación fenotípica en tamaño corporal y factores ambientales ha sido ampliamente estudiada en mamíferos de diversos ordenes (Anderson, 1977; Kennedy y Lindsay, 1984; Koch, 1986; Cooper, 1998; Blackburn *et al.*, 1999; Wigginton y Dobson, 1999; Meiri *et al.*, 2004; Yom-Tov y Geffen, 2006). En 1847, Carl Bergmann postuló la regla que lleva su nombre: el tamaño corporal en animales homeotermos aumenta en zonas frías o disminuye en regiones calientes como una respuesta termorreguladora adaptativa (Bergmann, 1847; Mayr, 1956; Blackburn *et al.*, 1999; Wigginton y Dobson, 1999; Yom-Tov y Geffen, 2006).

Desde entonces, varios estudios han encontrado que la variación en tamaño corporal puede estar relacionada con diversos factores ambientales o ecológicos además de la temperatura (Blackburn *et al.*, 1999; Meiri *et al.*, 2004; Teplitsky *et al.*, 2008; Martinez *et al.*, 2013). Por ejemplo en *Isodon obesulus*, un marsupial australiano, se encontró variación geográfica en tamaño corporal relacionada a la estructura del hábitat, donde los individuos más grandes eran de poblaciones en hábitats de vegetación abierta y los más pequeños se encontraban en zonas de pantano con una cobertura vegetal mucho más densa (Cooper, 1998; Hale, 2000).

De igual forma, la disponibilidad de alimento puede ser una condicionante para la variación en el tamaño corporal; *ej.* en el oso pardo (*Ursus arctos*), los individuos de las poblaciones al oeste de las Montañas Rocosas son más grandes en tamaño corporal que sus congéneres al este de la misma cadena montañosa, debido, principalmente, a la disponibilidad de alimento, en este caso de salmón (Meiri *et al.*, 2004; Hilderbrand *et al.*, 2011).

En zonas áridas se han reportado factores relacionados con el agua, como el número de días de lluvia, la precipitación anual y la humedad relativa como condicionantes de la variación en tamaño corporal en mamíferos pequeños como el ratón espinoso egipcio (*Acomys cahirinus*) y la rata-topo ciega (*Spalax ehrenbergi*) (Nevo, 1989; Nevo *et al.*, 1986).

En ese mismo sentido, Yom-Tov y Nix (1986) estudiaron la variación del tamaño corporal en cinco especies de mamíferos australianos y mostraron que el índice de humedad y la precipitación a menudo se correlacionan mejor con el tamaño corporal que la temperatura. El mismo grupo de investigadores obtuvo resultados similares en un estudio realizado en el año 2006, donde el tamaño corporal de 11 de 17 especies que analizaron estaba relacionado con la precipitación anual (asociada a la productividad vegetal primaria), con la temperatura ambiente (acorde a la Regla de Bergmann), o una combinación de ambos factores (Yom-Tov y Geffen, 2006).

Por lo tanto, la variación geográfica en tamaño corporal puede deberse a uno o varios factores ambientales o ecológicos interactuando al mismo tiempo, lo cual apoya la modificación de James (1970) a la Regla de Bergmann, quien mencionó que la variación intraespecífica en tamaño corporal está relacionada con una combinación de factores climáticos además de la temperatura (Blackburn, Gaston y Loder, 1999; Wigginton y Dobson, 1999; Meiri *et al.*, 2004; Yom-Tov y Geffen, 2006; Taylor *et al.*, 2017).

1.3 Variación fenotípica en color del pelaje

En los mamíferos, los fenotipos de coloración a menudo son polimórficos y pueden representar adaptaciones a diferentes condiciones ecológicas (Caro, 2005). La coloración del pelaje se ha asociado clásicamente a factores fisiológicos, etológicos y ambientales, es decir, a necesidades de comunicación inter e intraespecífica, como el aposematismo (mecanismos de defensa) y selección sexual, para camuflaje por presas o depredadores, o en la termorregulación y susceptibilidad a enfermedades o parásitos (Majerus y Mundy, 2003; Caro, 2005). La asociación entre el color y algunos tipos de ambiente se mencionaron en estudios iniciales sobre la coloración animal, y se utilizaron para proponer la hipótesis clásica de que los animales de colores claros u oscuros se favorecen en ciertos tipos de ambiente debido al color del entorno (Beddard, 1892; Cott, 1940; Gloger, 1833; Ulmer, 1941)

Fue el ornitólogo alemán Constantin Wilhelm Lambert Gloger quien observó que las aves de poblaciones que viven en hábitats cálidos y húmedos eran más oscuras que las que se encuentran en áreas secas y frías. Patrón ecogeográfico conocido como la Regla de Gloger (Gloger, 1833; Lai *et al.*, 2008).

Desde que Gloger postuló su regla se han realizado varios estudios pretendiendo demostrar su validez en mamíferos. La variación puede ser a nivel interespecífica, como en varias especies de primates y lagomorfos. En los primeros se ha encontrado que el pelaje dorsal oscuro está relacionada con la humedad y evaporación, factores asociados a ambientes con vegetación densa y por lo tanto a entornos más húmedos y oscuros (Kamilar y Bradley, 2011). De manera similar, se

encontró una asociación entre el color del pelaje y su entorno en varias especies de lagomorfos: Especies de color oscuro se presentaban en bosques o ambientes cerrados (mayor humedad). Colores pálidos en desiertos o blancos en tundra. Y un color de pelaje gris con aquellas especies de hábitats rocosos, es decir, con menor humedad (Stoner *et al.*, 2003). En ambos casos, un color del pelaje que se confunde con el entorno podría significar una menor presión de depredación, principalmente por depredadores aéreos (Lai *et al.*, 2008; Kamilar y Bradley, 2011; Caro, 2009; 2013).

La variación también ocurre a nivel intraespecífico, sobre todo en aquellas especies cuya amplia distribución geográfica les permite encontrarse en ambientes con diferentes condiciones ambientales y ecológicas (Cloudsley-Thompson, 2018; Lai *et al.*, 2008). Tal es el caso del ratón doméstico, *Mus musculus*, en el cual se ha reportado variación del color del pelaje a través de toda Asia. Dicha variación se correlaciona con la precipitación a lo largo de las 85 localidades de 16 países asiáticos en las que se elaboró el estudio. Se encontraron pelajes pálidos en hábitats secos y oscuros en ambientes más húmedos (Lai *et al.*, 2008).

En especies que presentan dicromatismo, es decir, dos variaciones o fases distintas de coloración en el pelaje, la distribución geográfica de cada fase quizá no sea aleatoria. Por ejemplo Da Silva *et al.*, (2016) mapearon la distribución dicromática del jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), un felino presente en toda Latinoamérica y algunas partes del sur de Estados Unidos (EUA), el cual presenta un notable polimorfismo de coloración con dos formas principales: gris/oscuro y rojizo (Hunter y Barrett, 2011). Sus resultados arrojaron que, si bien las dos fases

se encontraban alternativamente en diferentes regiones, los jaguarundis rojizos fueron claramente más comunes en hábitats abiertos, mientras que la frecuencia de los animales grises/oscuros fue mayor en hábitats húmedos.

En algunos grupos de mamíferos la información sobre las causas y patrones de la variación intra e interespecífica en coloración del pelaje es escasa o nula (Caro, 2013). Este es el caso del orden Didelphimorphia, donde la mayoría de las aproximadamente 92 especies de estos didélfidos americanos tienen pelaje oscuro, gris claro, marrón o dorado y algunas son dicromáticas (con dos fases principales de color). Sin embargo, la coloración en estos marsupiales está muy poco estudiada, por lo que las explicaciones causales y funcionales para el color del pelaje son más bien superficiales o anecdóticas (Gardner y Sunquist, 2003; Caro, 2013)

1.4 *Didelphis virginiana* Kerr 1972

El tlacuache, tlacuache de Virginia o zarigüeya, *Didelphis virginiana*, es un marsupial que pertenece a la familia *Didelphidae* del orden Didelphimorphia (Gardner, 2005; Ceballos, 2013). Es la especie más grande entre todos los didélfidos, su longitud total varía entre 350 mm y 940 mm con una longitud de la cola que va de los 216 y 470mm (Gardner, 1973; McManus, 1974; Gardner, 2005) y un peso promedio que se encuentra entre 1.1 kg y 2.8 kg, sin embargo, algunos machos pueden llegar a los 6 kg (Aranda 2012; Ceballos 2013).

Se reconocen cuatro subespecies: *D. v. virginiana*, *D. v. pigra* cuya distribución se encuentra mayormente en los Estados Unidos y *D. v. californica* y *D.*

v. yucatanensis los cuales se distribuyen en México y Centroamérica (Gardner, 1973; Ceballos, 2013).

En general *D. virginiana* presenta las orejas desnudas de color negro, en ocasiones con las puntas blancas. La cola, como en todos los didélfidos, es prensil, larga, escamosa y con poco pelo, de color negro en la base pero el resto de color carne. El pelaje del cuerpo es largo y denso con una marcada variación geográfica de color en las subespecies de EUA y Canadá, que presentan los pelos basales y de la mejilla casi totalmente blancos. En cambio, las subespecies de México y Centroamérica (*D. v. californica* y *D. v. yucatanensis*) son dicromáticas, es decir, presentan dos fases de color en el pelaje: pelos cortos color carne a gris o marrón oscuro que se entremezclan con el pelo de guardia largo y blanco en la fase blanca o con pelos de guardia negros en la fase negra (Gardner, 1973; Ceballos, 2013; Fig. 1). Cuando Gardner (1973) revisó la sistemática de la especie mencionó que “si no fuera por el mayor desarrollo de los procesos postorbitales que caracterizan a la mayoría de los especímenes de *yucatanensis*, no separaría esta subespecie de *californica*”.

a)



b)



Figura 1. Dicromatismo en *D. v. californica* y *D. v. yucatanensis*: a) fase clara y b) fase oscura. Ilustración personal basada en la descripción de Gardner (1973) y observaciones personales.

D. virginiana es el único marsupial de origen norteamericano y también el único capaz de habitar la región Neártica. El potencial de *D. virginiana* para ocupar con éxito una gama extremadamente amplia de situaciones ecológicas, en conjunto con sus hábitos alimenticios omnívoros y oportunistas (McManus, 1974; Ceballos, 2013), le han permitido colonizar y extender su rango de distribución septentrional hasta los climas fríos y templados del sur de Ontario y Columbia Británica en Canadá y a través de las dos costas de los Estados Unidos, pasando por prácticamente todos los ambientes terrestres de México, hasta las zonas tropicales

al noroeste de Costa Rica (Gardner, 2005; Ceballos, 2013). Además se ha observado que el tlacuache de Virginia, se ve beneficiado con la urbanización ya que se ha adaptado para aprovechar los recursos que ofrecen estas áreas, por lo que sus poblaciones tienen la facultad de continuar expandiéndose a medida que se desarrollan nuevas urbes (Wright *et al.*, 2012).

En algunas partes de su distribución en territorio mexicano y centroamericano, *D. virginiana* es simpátrica con *D. marsupialis*. Ambas especies son de tamaño y aspecto similar, sin embargo, se puede diferenciar a *D. virginiana* por las mejillas blancas o claras, tiene la cola más corta o igual a la longitud total del cuerpo y la porción negra de la cola es mayor que la porción blanca (Gardner y Sunkist, 2003; Ceballos 2013). Además, presentan diferencias conductuales: cuando se encuentra bajo amenaza *D. virginiana* emplea una táctica de defensa pasiva llamada tanatosis, es decir, permanecen inertes y fingen estar muertos a la vez que excretan un almizcle color verdoso de una glándula anal (McManus, 1974). En cambio, *D. marsupialis* no presenta tanatosis y el color de su almizcle es marrón ocre (Medellín, 1992).



Figura 2. Distribución geográfica de *Didelphis virginiana* (área sombreada gris limitada por una línea punteada roja) en diferentes entornos (Gardner, 1973).

El tlacuache también ha sido importante en la cultura como un personaje popular a lo largo de los siglos (López-Austin, 1990; Hüttinger y Domínguez, 2010). Objeto de mitos, leyendas y otras supersticiones por parte de las poblaciones indígenas, incluso según menciona Zolla y Mellado (1995) se le han dado

atribuciones médicas: “la cola de este animal es un medicamento excelente, pues molida en dosis de una dracma y tomada algunas veces con agua sin haber ingerido antes ningún alimento, limpia admirablemente el conducto de la orina, provocándola y arrastrando con ella las piedrecillas y todo lo que obstruye el conducto; excita la actividad genésica, produce leche, cura las fracturas y los cólicos, acelera el parto, atrae las reglas, ablanda el vientre, y machacada y aplicada extrae las espinas que se han clavado en la carne; y quizá no hay medicamento más eficaz para producir todos estos efectos”. (Quezada, 1975; López-Austin, 1990; Alcántara-Rojas, 2000). Su nombre náhuatl, *tlacuatzin* o *tlacuatl*, deriva del verbo *cua*, "comer", castellanizado como “tlacuache” significa “el pequeño comelón” o también traducido como “el que come fuego”, derivado de una leyenda donde el marsupial hace un estilo de Prometeo mesoamericano (Castro, 1961; López-Austin, 1990; Pérez-Escobedo *et al.*, 2008).

2 OBJETIVO GENERAL

Describir la variación fenotípica en tamaño corporal y coloración del pelaje presente en poblaciones de *Didelphis virginiana* en 4 sitios con ambientes contrastantes en México y evaluar si esta variación se relaciona con las principales variables ambientales (ej. temperatura, precipitación, tipo de vegetación, altitud, latitud).

3 OBJETIVOS PARTICULARES

- I. Estimar la variación fenotípica de *Didelphis virginiana* en 4 diferentes poblaciones dentro de su rango de distribución en México.

- II. Describir y evaluar características morfológicas y de coloración de los individuos de cada población estudiada y si están o no relacionados con las determinadas variables ambientales de cada localidad, para evaluar que fenotipos son favorecidos.

4 HIPÓTESIS

Es probable que exista variación fenotípica en la coloración del pelaje entre las poblaciones de *D. virginiana* como se ha descrito para otras especies de mamíferos. Los individuos de aquellas poblaciones de ambientes con vegetación más densa, cerrada y por lo tanto de entornos oscuros podrían presentar un pelaje más oscuro que aquellos presentes en un entorno más abierto, como la selva baja caducifolia.

Del mismo modo, se espera encontrar variación geográfica en tamaño corporal, cuyos individuos más grandes serán aquellos en ambientes templados y de mayor altitud en comparación con aquellos presentes en ambientes tropicales y de menor altitud. De ser el caso, podremos evaluar si la variación fenotípica está asociada a las principales variables ambientales presentes en los cuatro sitios de estudio (ej. temperatura, precipitación, tipo de vegetación, altitud, latitud).

5 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se inserta en un proyecto mayor, que explora cómo el medio ambiente (como fuerza selectiva) puede afectar la adaptación fenotípica y genotípica de los organismos y la historia demográfica de las poblaciones de tlacuache, y con ello la base genética de su adaptación a diferentes ambientes. En

general, dicho proyecto proporcionará una mejor comprensión de la evolución de la adaptación en los marsupiales y tendrá un impacto en temas de conservación, ya que los hallazgos podrían sentar las bases para futuros estudios ecológicos y genéticos de especies de marsupiales en peligro de extinción en México o en otros lugares.

6 METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en cinco sitios de cuatro localidades con diferentes características ambientales dentro del área de distribución geográfica del tlacuache en México:

6.1.1 Campus Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CNUAEM)

El CNUAEM está ubicado en la parte norte del municipio de Cuernavaca en el estado de Morelos, México. Se localiza en una región de transición entre el Corredor Biológico Chichinautzin y la ciudad de Cuernavaca (Figura 3). Por lo tanto, la vegetación en el área corresponde a bosques templados deciduos, básicamente de pino-encino y bosques templados dominados por coníferas. Sin embargo, esta vegetación natural ha sido fragmentada y alterada por el crecimiento urbano y por la construcción del campus universitario, por lo que en la actualidad también se puede encontrar vegetación secundaria y una gran cantidad de jardines dominados por plantas exóticas como Níspero (*Eriobotrya japonica*), Laurel de la India (*Ficus*

sp.; Moraceae), o Guayaba (*Psidium guajava*; Myrtaceae) entre otras (Solalinde, 2012; CONANP, 2008)

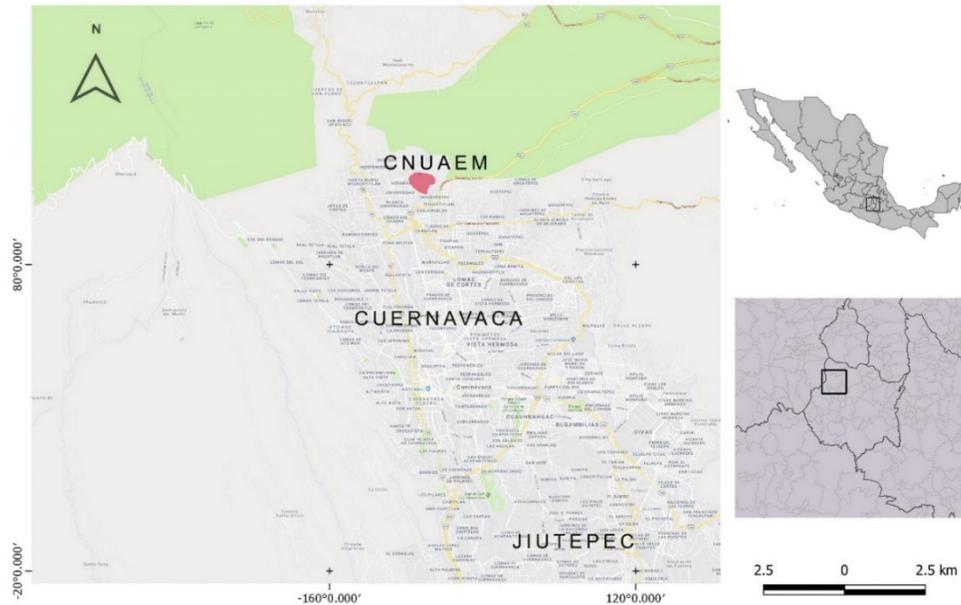


Figura 3. Ubicación geográfica del CNUAEM (rojo) en Cuernavaca, Morelos

Debido a su ubicación en los límites del Eje Neovolcánico Transversal, presenta un clima templado húmedo con lluvias en verano, cuyo régimen es de aproximadamente 1,200 mm anuales en promedio y una temperatura media anual es de 20.5°C (INEGI, 2010; 2017). Abarca una extensión aproximada de 85.9 ha, y su perímetro es cercano a los 4 Km. Tiene un rango altitudinal que va de los 1,847 a los 1,957 msnm (Ver Cuadro 1).

6.1.2 Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH)

La REBIOSH se ubica al sur del estado de Morelos, cubre una superficie de aproximadamente 60,000 ha y es el área natural protegida más grande creada con

el propósito específico de proteger selva seca o selva baja caducifolia en México (CONANP, 2005; Ceballos *et al.*, 2010)

Dado el tamaño de la Reserva, el muestreo para este estudio únicamente se realizó en las comunidades de El Limón de Cuauchichinola, Municipio de Tepalcingo y en Quilamula, Municipio de Tlalquilténango, ambas dentro del Estado de Morelos (Figura 4). Aunque estas comunidades difieren en altitud (Aprox. 1340 msnm para El Limón y 1100 msnm para Quilamula) las condiciones ambientales para ambas localidades son en general las mismas, las cuales se describen a continuación:

La unidad de vegetación que la caracteriza, corresponde a Selva Baja Caducifolia (SBC, Miranda y Hernández, 1963) o bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978). El clima es cálido subhúmedo, con una oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7° y 14 °C, la temperatura más alta se presenta en mayo y ésta oscila entre 36° y 37 °C. La precipitación es de 900 milímetros anuales y se manifiesta durante el verano, entre junio y principios de octubre. Los máximos picos de precipitación se presentan durante julio y septiembre, pudiendo haber una baja o ausencia de precipitación durante el mes de agosto (canícula). La característica principal de la SBC, reside en su marcada estacionalidad climática, originando así que la mayor parte de las especies vegetales pierdan sus hojas por períodos de cinco a siete meses, en la época seca del año (CONANP, 2005. Cuadro 1).

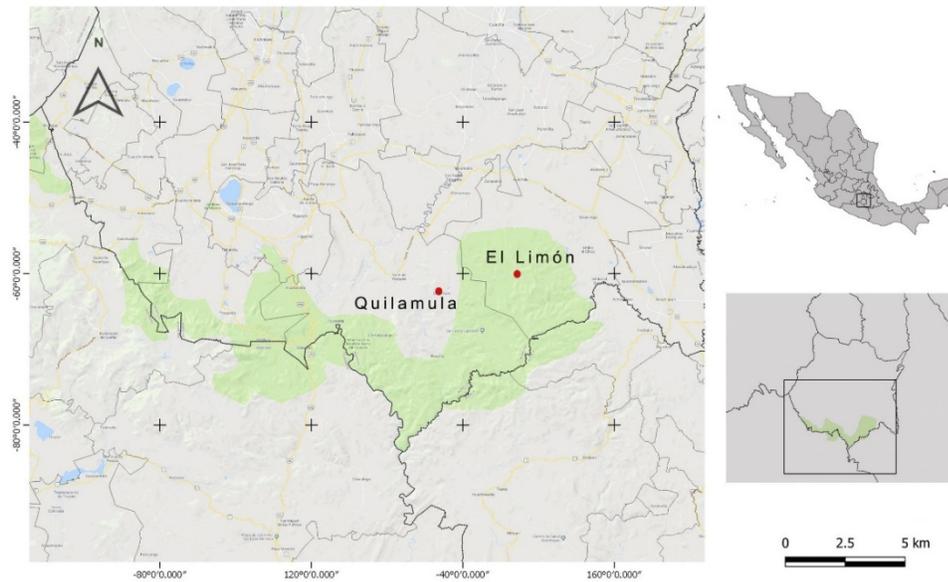


Figura 4. Localización de las comunidades de El Limón y Quilamula (puntos rojos) y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (verde), en el Estado de Morelos.

6.1.3 Cozumel

Cozumel, Quintana Roo es una isla oceánica de 486km² separada del continente por un amplio canal de 17.5 kilómetros (Figura 5). Los tipos de vegetación predominantes son selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, manglar, pantanos y vegetación costera. En la isla se presenta el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura media anual es de 27,5° C y la precipitación media anual es de 1.505 mm. Presenta estacionalidad que influye en la disponibilidad de recursos. La altitud es de 0 msnm, alcanzando un máximo de 13 msnm (Cuarón, 2009; McFadden *et al.*, 2006; Cuadro 1).

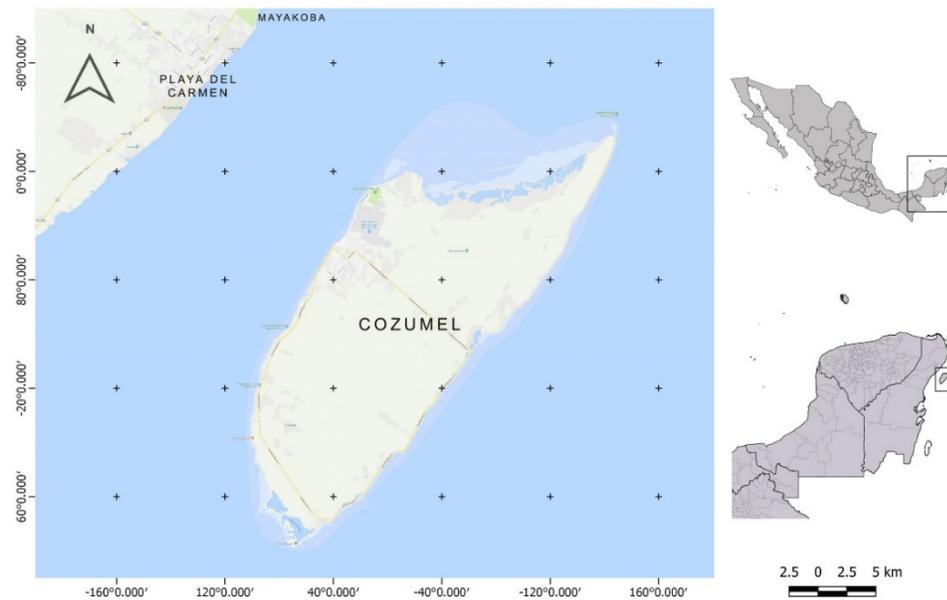


Figura 5. Ubicación geográfica de la isla Cozumel, Quintana Roo

6.1.4 Playa del Carmen

El muestreo fue realizado en el complejo turístico de Mayakoba, ubicado a 3 km del centro de Playa del Carmen (Figura 6). Este complejo incluye tres hoteles de lujo y un campo de golf de 18 hoyos. Con un tamaño aproximado de 450 ha, dentro del complejo se encuentran extensas áreas semi-conservadas de selva mediana subcaducifolia y vegetación exótica a la zona (áreas verdes) además de bosque de manglar y dunas costeras.

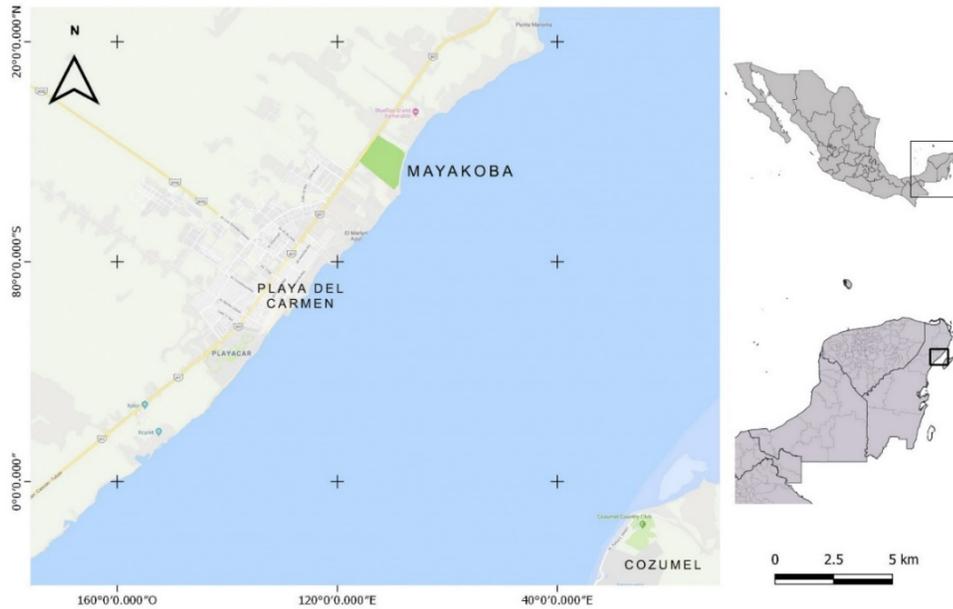


Figura 6. Localización geográfica del complejo turístico Mayakoba (en verde), al noreste de Playa del Carmen, Quintana Roo, México

El clima para Playa del Carmen es en general cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 26° C y la precipitación media es de 1,300 mm anuales. Los meses más calientes son julio y agosto y el más frío es enero. Se distingue una época de sequía de diciembre a abril. El 75% de las precipitaciones se presentan en los meses de mayo a octubre. La nubosidad en la zona es alta, 200 días nublados por año y la humedad relativa promedio es superior al 80% (INEGI, 2010, Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características ambientales de las cinco localidades estudiadas

Población	Tipo de vegetación	Clima	Altitud (msnm)	Latitud (°)	PMA (mm)	TMin. (°C)	TMax. (°C)	TMA (°C)
CNUAEM	BT/VS	C(w2)	1857	18° 58' 52" N	1200	6.5	31	20.5
El Limón	SBC	A(w)	1340	18° 32' 00" N	900	12	36	26
Quilamula	SBC	A(w)	1100	18° 30' 44" N	900	14	36	26
Cozumel	SMS/Manglar	Am	06	20° 35' 32.8" N	1505	17	33	27.5
Playa del Carmen	SMS/Manglar/DC	A(w)	08	20° 37' 39" N	1300	17	33	26

Encabezados: PMA=Precipitación media anual. T= Temperatura. TMin= Temperatura mínima promedio. TMax= Temperatura máxima promedio TMA= Temperatura media anual

Tipos de vegetación: BT= Bosque templado; VS= Vegetación secundaria; SBC= Selva baja caducifolia; SMS= Selva mediana subperennifolia; DC= Dunas costeras

Climas: C(w2)= Templado subhúmedo con lluvias en verano; A(w)= Cálido subhúmedo con lluvias en verano; Am= Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (García, 1973; INEGI, 2016; 2017)

6.2 Captura y caracterización de individuos

Los individuos de tlacuache fueron capturados mediante trampas Tomahawk o Havahart cebadas con sardinas entomatadas, alimento para perro o fruta (plátano, papaya, melón) sola o bañada en vainilla. Las trampas se colocaron en diferentes arreglos espaciales por al menos 7 noches consecutivas por localidad de muestreo, revisándose por las mañanas para detectar la presencia de captura o colocar recebo en caso necesario. Se registró la posición geográfica de cada trampa por medio de un GPS marca Garmin modelo Etrex10®. Todas las capturas se hicieron al amparo

del permiso de colecta por línea de investigación FAUT-251 extendido por SEMARNAT a nombre del Dr. David Valenzuela Galván.

Se buscó colectar al menos 10 individuos adultos de cada localidad. A cada animal capturado se le aplicó una inyección de Zoletil 100® (Tilatamina con Zolazepam; 0.1 ml/kg) para mantener al animal sedado durante la toma de muestras y medidas morfométricas. El tiempo de inducción del sedante es de tres a cinco minutos. Dependiendo de la reacción de cada individuo, el tiempo efectivo de manejo del animal sedado varió de 40 minutos a una hora.

Se determinó el sexo del animal y se tomaron las siguientes 15 medidas morfométricas para evaluar el tamaño corporal de los animales: peso (P), longitud ancho de cráneo (CA), longitud de cráneo (CL), longitud del cuerpo (LC, hasta la base de la cola), longitud de la cola (LCL), longitud total (LT= LC+LCL) longitud de la porción negra de la cola (LCN), longitud de la porción blanca de la cola (LCB), longitud de la pata izquierda (Pt), longitud de la oreja izquierda (O), circunferencia de la cintura pélvica (CP), circunferencia de la cintura escapular (CE), longitud de la altura a la cruz (AC), longitud del canino superior (CS) e inferior (CI) izquierdo. Estas medidas se tomaron en milímetros con una cinta métrica (longitud cuerpo, longitud cráneo, longitud porciones blanco y negro de la cola y circunferencias de las cinturas pélvica y escapular) o con un vernier (longitud de oreja, pata y caninos izquierdos, ancho de cráneo). El peso de los individuos se obtuvo con una pesola de 10 kg.

Todos los animales capturados se marcaron en la oreja para evitar remuestreó con aretes de plástico de color numerados (Nasco Rototags®) o con

aretes de acero inoxidable numerados (National Wing Bangs®, style 893), y se tomaron muestras de pelo del dorso y de tejido de la oreja para análisis genéticos posteriores. Al finalizar el manejo, y una vez asegurado el bienestar de los especímenes, todos los animales fueron liberados en el sitio de captura.

En el manejo de los animales capturados, se procuró en todo momento seguir los criterios estipulados por la Asociación Norteamericana de Mastozoólogos (ASM por sus siglas en inglés) para un manejo y cuidado ético de mamíferos en investigación científica (Sikes, 2016).

6.3 Esfuerzo y éxito de captura

Para determinar el esfuerzo de captura (EC) se consideró el número de trampas (T) por noche (N) de la siguiente manera: $EC=T \times N$.

$$EC= T \times N$$

Mientras que el éxito de captura se calculó como un índice de abundancia relativa de la siguiente manera:

$$\text{Éxito de captura} = \frac{\# \text{ de capturas}}{EC} \times 100$$

Esto corresponde al número de capturas obtenidas en una sesión de trampeo entre el esfuerzo total de captura (EC) multiplicado por 100 (Copa-Álvaro, 2007).

6.4 Análisis de variación en tamaño corporal

Para evaluar si las medidas morfométricas diferían entre sexos y poblaciones, se hicieron diferentes análisis considerando 12 medidas morfométricas: peso (P), longitud del cuerpo (LC), longitud de la cola (LCL), longitud total (LT), longitud canino superior (CS), longitud canino inferior (CI), longitud oreja izquierda (O), longitud pata izquierda (Pt), longitud ancho de cráneo (CL), longitud largo de cráneo (CL), longitud altura a la cruz (AC) y circunferencia de la cintura escapular (CE).

Para cada medida, se evaluó la normalidad de los datos mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov en el programa SPSS © (versión 20, SPSS, Chicago, Ill., E.U.A.).

Se dejó fuera del análisis las medidas de circunferencia de cintura pélvica (CCP), porque esa medida era subjetiva para las hembras lactantes, debido al abultamiento en el marsupio por crías presentes en época reproductiva y también a las medidas correspondientes a la coloración de la cola, dado que no corresponden a variables morfométricas en sí.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para reducir la dimensionalidad de los datos y que nos ayuda a explorar la agrupación de los datos de acuerdo a su varianza. El ACP nos muestra un conjunto de datos y los ordena por importancia en componentes o factores (I, II, III, etc.). La elección de los factores se realiza de tal forma que el primero recoge la mayor proporción posible de la varianza original; el segundo factor debe recoger la máxima varianza posible no

recogida por el primero, y así sucesivamente. Del total de componentes se eligieron aquéllos que contenían >70% de la varianza. A éstos se les denominará componentes o factores principales. Se presenta el gráfico de agrupación o dispersión correspondiente a las dimensiones principales del ACP. El gráfico permite ordenar las observaciones y pone en evidencia las diferencias correspondientes entre dichas observaciones (Wold *et al.*, 1987).

Debido a que solo en una de las medidas morfométricas se encontró distribución normal, la significancia de los grupos sobre los componentes principales se evaluó por medio de una prueba no paramétrica de Friedman. Estas pruebas se realizaron en el programa InfoStat© v. 2014 (Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>).

6.5 Análisis de variación en coloración del pelaje

6.5.1 Registro de fotografías

Mientras los tlacuaches capturados estaban sedados, se tomaron fotografías de cinco características de pigmentación de las siguientes partes del animal: cola, orejas, color en patas y manos, rostro y el color del pelaje. Se fotografió el color del dorso en nueve lugares diferentes en la parte posterior de cada muestra para obtener la media fenotípica del color (Figura 7). Todos estos rasgos fenotípicos han sido previamente designados como variantes en diferentes poblaciones de la especie (Gardner y Sunquist, 2003).

Las fotografías fueron tomadas con cámara digital Canon PowerShot SX230 HS o con una cámara réflex Nikon D5100, y se tomaron con luz natural, sin uso de flash.

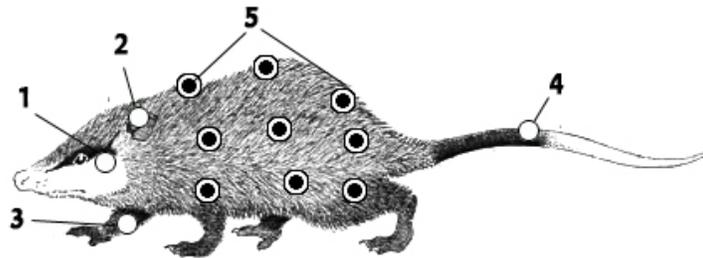


Figura 7. Puntos fotografiados en cada tlacuache adulto capturado: 1) Rostro, 2) Orejas, 3) Manos y patas, 4) Cola y 5) En negro, los nueve puntos del pelaje dorsal (Imagen modificada de Babb *et al.* 2004).

6.5.2 Análisis de las fotografías

Para el análisis en la variación de color en fotografías se usó el programa ImageJ (National Institutes of Health, USA. <http://imagej.nih.gov/ij>), programa especializado en el análisis de imágenes, incluyendo aquellas que abarcan toda la gama de análisis de la piel hasta a la neurociencia (Abràmoff *et al.*, 2004)

Primeramente, para evitar el sesgo ocasionado por utilizar cámaras fotográficas con diferente sensibilidad de captación de luz y color, las imágenes se transformaron en mapa de 8 bits en escala de grises. Una imagen digital está compuesta por pixeles. Cada pixel es un punto con un valor de intensidad para cada canal, en este caso dentro del canal en escala de grises (de blanco y negro). Dentro

del canal un pixel toma un valor entero entre 0 y 255 (si los píxeles son de 8 bits) para asignarle un tono de gris, así las zonas oscuras de una imagen estarán representadas por píxeles con valores cercanos a 0, mientras que las zonas más claras con píxeles cercanos a 255. De esta manera, al analizar los canales de una selección de la imagen podemos darle un valor cuantitativo a una imagen cualitativa, al saber la media de píxeles (entre 0 y 255) de cada fotografía (Caraballo, 2010).

El ImageJ realiza este análisis de manera directa. Para ello seleccionamos primero la región de interés, en este caso una zona de 150 x 150 píxeles de cada fotografía, para después seleccionar los comandos *Analyze-->Histogram*. El programa da como resultado un histograma con valores promedio dentro de la escala de grises de la zona seleccionada, de esta manera tenemos el valor de la coloración para el pelaje de cada zona fotografiada. Para la media de la coloración del dorso, primero se calculó el valor medio de cada uno de los nueve puntos del dorso, para después obtener la media total de los nueve puntos.

Se realizó un Test de Friedman, en el programa InfoStat[®] v. 2014 (Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>), para determinar si existe variación en la coloración del pelaje a partir de las medias obtenidas de cada zona fotografiada entre las poblaciones estudiadas.

7 RESULTADOS

7.1 Muestreo y captura

En total se acumuló un esfuerzo de muestreo de 9,149 noches/trampa y la captura y procesado de un total de 117 individuos de tlacuaches, 78 de estos de edad adulta (37 machos y 41 hembras) en las 5 localidades (Cuadros 2 y 3). A continuación, se describe el trabajo realizado en cada localidad de muestreo, así como los resultados de captura obtenidos de los mismos.

7.1.1 CNUAEM

Del 24 de octubre del 2012 al 21 de abril del 2013 se colocaron trampas en distintos sitios dentro del Campus con distintos arreglos temporales y espaciales. Los sitios donde se colocaron las trampas dentro del campus se presentan en la Figura 8.

En total se acumuló un esfuerzo de captura de 3,409 noches/trampa y se logró capturar 48 individuos distintos y 38 recapturas de *Didelphis virginiana*. El éxito de captura para esta población fue de 1.41%. Del total de capturas 30 fueron individuos adultos, 17 machos y 13 hembras para una proporción de sexos en la población de 1:1.3, es decir, por cada hembra se encuentran 1.3 machos (H:M; Ver Cuadro 2). Los valores promedio de longitud total (LT) de los adultos fue de 841.1 (± 65.0) mm y peso (P) de 2011.7 (± 497.70) g. En el Cuadro 3 se indican todos los valores morfométricos promedio registrados.

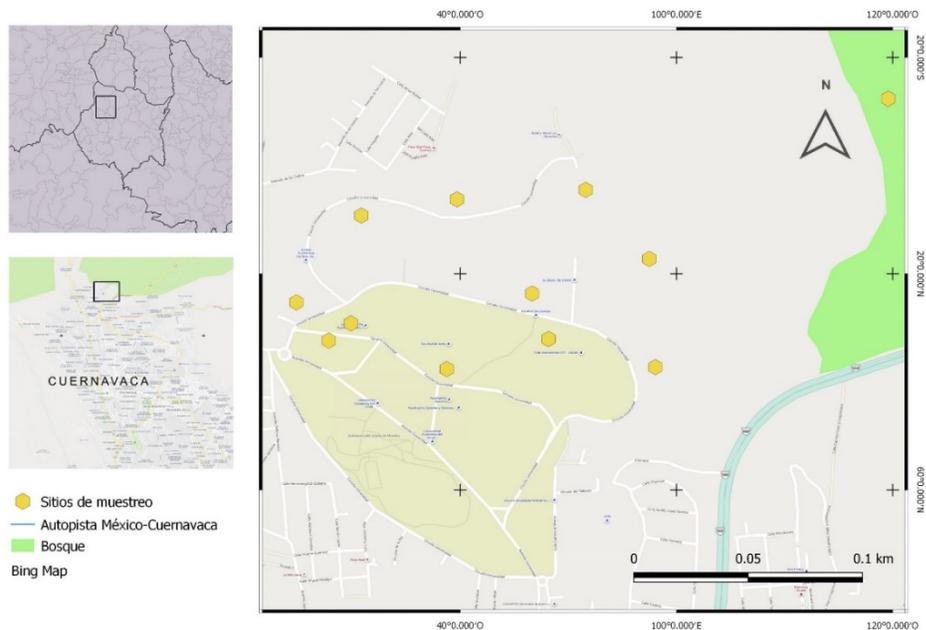


Figura 8. Sitios de muestreo dentro del Campus norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CNUAEM).

7.1.2 EL Limón de Cuauchichinola

En esta comunidad realizaron dos periodos de captura: el primero del 1 al 14 de abril del 2013, en la época seca, donde se colocaron 32 trampas durante 14 noches consecutivas en distintos sitios cercanos a la Estación Biológica EL Limón o cercanas al poblado donde había referencias de avistamiento de tlacuaches por parte de los pobladores locales, colocándolas preferentemente en pequeñas barrancas donde había remanentes de corrientes acuícolas (recurso limitante en estación seca, Figura 9).



Figura 9. Sitios de muestreo en la comunidad El Limón de Cuauchichinola, en Tepalcingo, Morelos

El segundo muestreo se realizó del 12 al 24 de julio 2013, siendo temporada de lluvias, y colocando más trampas cerca del poblado. Se colocaron 38 trampas por 12 noches consecutivas. No se obtuvieron capturas de tlacuaches en ninguno de los dos periodos. El de éxito de captura fue de 0% para tlacuaches en un esfuerzo de captura de 804 noches/trampa (Ver Cuadro 3).

7.1.3 Quilamula

En esta localidad se realizó un esfuerzo de captura de 498 trampas/noche en dos periodos: en el primero se realizó del 11 de septiembre al 17 de octubre del 2013 y el segundo de 18 de febrero a 8 de marzo del 2014 en ambos se colocaron

9 trampas por noche. Se colocaron dentro del terreno correspondiente a la Estación Biológica Quilamula, en sitios cercanos a sembradíos de maíz y en zonas cercanas a arroyos, en varias partes del poblado (Figura 10).

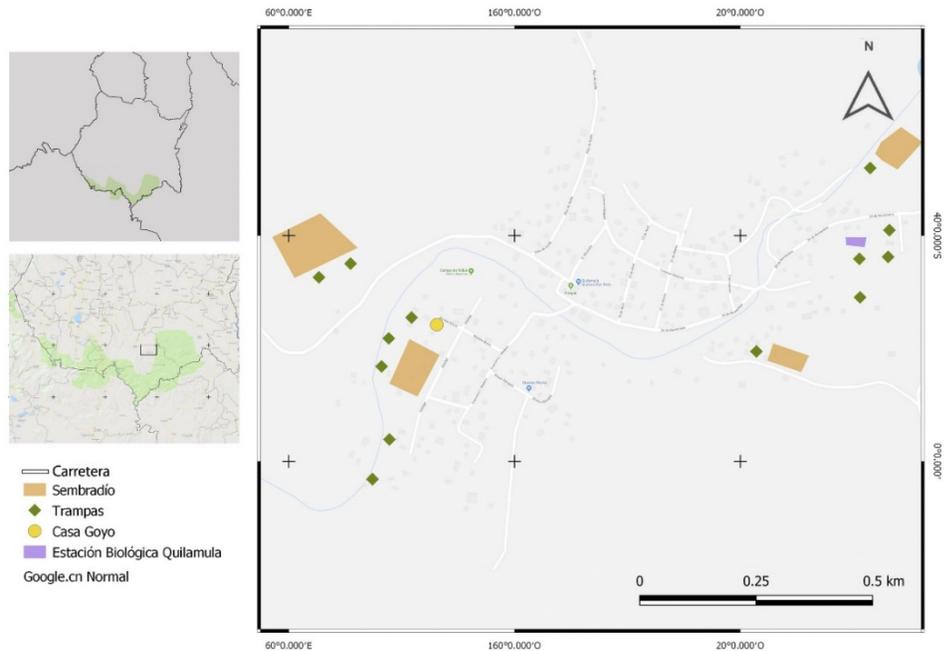


Figura 10. Sitios de muestreo en la comunidad Quilamula, en Tlaquiltenango, Morelos

Para esta localidad se lograron capturar 31 tlacuaches para un éxito de captura de 6.22% (Ver Tabla 3), de los cuales 20 resultaron adultos, seis machos y 14 hembras, para una proporción de sexos de 1:0.4 (H:M; Ver Cuadro 2). Los valores promedio de longitud total (LT) de los adultos fue de 843.8 (\pm 72.2) mm y peso (P) de 1790 (\pm 508.0) g. Todos los valores morfométricos promedio de los tlacuaches capturados en Quilamula, se presentan en la Cuadro 3.

7.1.4 Playa del Carmen

En este sitio se realizó un esfuerzo de captura 314 noches/trampa en dos periodos: del 5 al 11 de noviembre del 2013 y el segundo del 8 al 16 de julio del 2014. En ambos se colocaron 20 trampas dentro del complejo turístico Mayakoba, cerca de acopios de residuos de los hoteles y oficinas, cerca de corrientes de agua y a lado de un nido de tortugas marinas, el cual es resguardado por los encargados de la gestión ambiental del lugar (Figura 11). En todos estos sitios se tenían registros de tlacuaches observados con anterioridad.

Se capturaron 19 tlacuaches para un éxito de captura de 6.05% (Ver Tabla 3), de estos se obtuvieron 15 individuos adultos, de los cuales resultaron seis machos y siete hembras, para una proporción de sexos en la población de 1:0.8 (H:M; Ver Cuadro 2). Los valores promedio de longitud total (LT) de los adultos fueron de 836 (\pm 59.3) mm y peso (P) de 1823.1 (\pm 356.8) g. En la Cuadro 3 se indican todos los valores morfométricos promedio registrados en esta localidad.

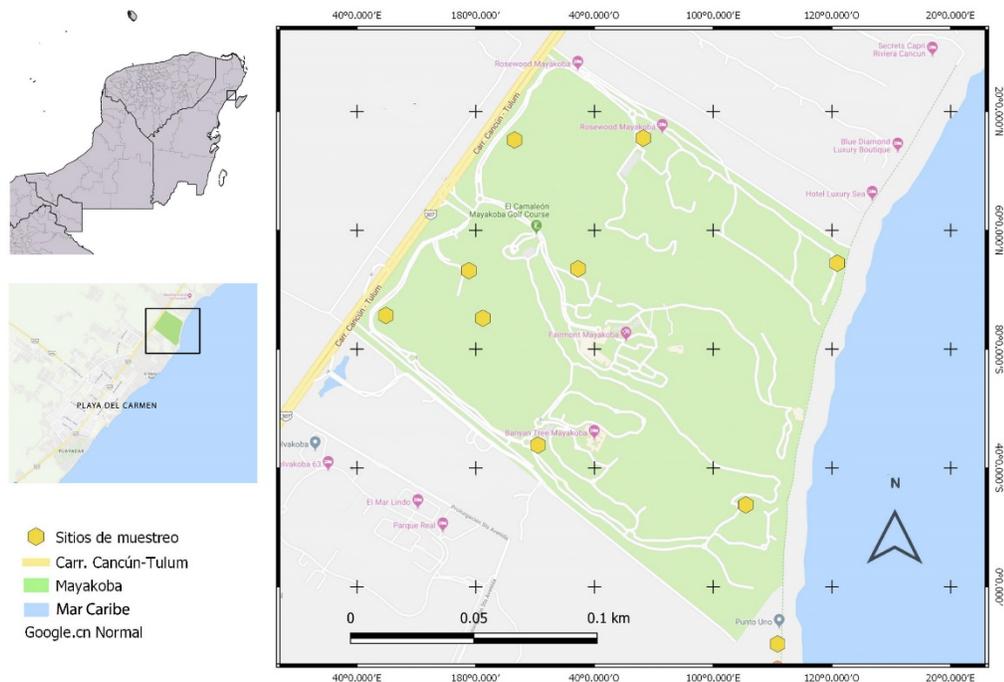


Figura 11. Sitios de muestreo dentro del complejo turístico Mayakoba, en Playa del Carmen, Quintana Roo.

7.1.5 Cozumel

En la Isla Cozumel se realizó un esfuerzo de captura total de 4,124 noches/trampa en dos etapas: El primer muestreo se realizó del 03 al 15 de noviembre del 2013. Se colocaron ocho trampas en la zona urbana de San Miguel, Cozumel ($20^{\circ}29'3.85''N$; $86^{\circ}57'5.03''O$), en estos la vegetación predominante son remanentes perturbados de selva mediana subcaducifolia. Otras tres trampas fueron colocadas en la zona periurbana de San Miguel de Cozumel ($20^{\circ}29'41.31''N$; $86^{\circ}57'48.33''O$), donde la vegetación predominante es el manglar. Posteriormente, se colocaron ocho trampas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA) que

se ubica al norte de la Isla o Base 1 ($20^{\circ}32'11.82''\text{N}$; $86^{\circ}53'42.68''\text{O}$) y ocho trampas más en la Planta de Cloración de CAPA o Base 3 ($20^{\circ}29'16.72''\text{N}$; $86^{\circ}55'16.34''\text{O}$) (Figura 12).

Para febrero del 2014, se inició otro muestreo más extenso, como parte de estudios de la ecología del tejón enano, *Nasua nelsoni*, endémico de la isla (Rodríguez-Luna, 2015). Este muestreo se realizó en las siguientes tres zonas de la isla: Parque ecológico estatal “Laguna Colombia” ($20^{\circ}16'23.84''\text{N}$; $86^{\circ}59'17.60''\text{O}$), Parque Estatal “Lagunas y humedales de Cozumel” ($20^{\circ}25'1.97''\text{N}$; $86^{\circ}56'55.91''\text{O}$) y Zona periurbana de San Miguel de Cozumel ($20^{\circ}29'40.02''\text{N}$; $86^{\circ}57'42.73''\text{O}$), el muestreo se extendió hasta octubre del 2014 con algunos periodos de inactividad (Figura 12).

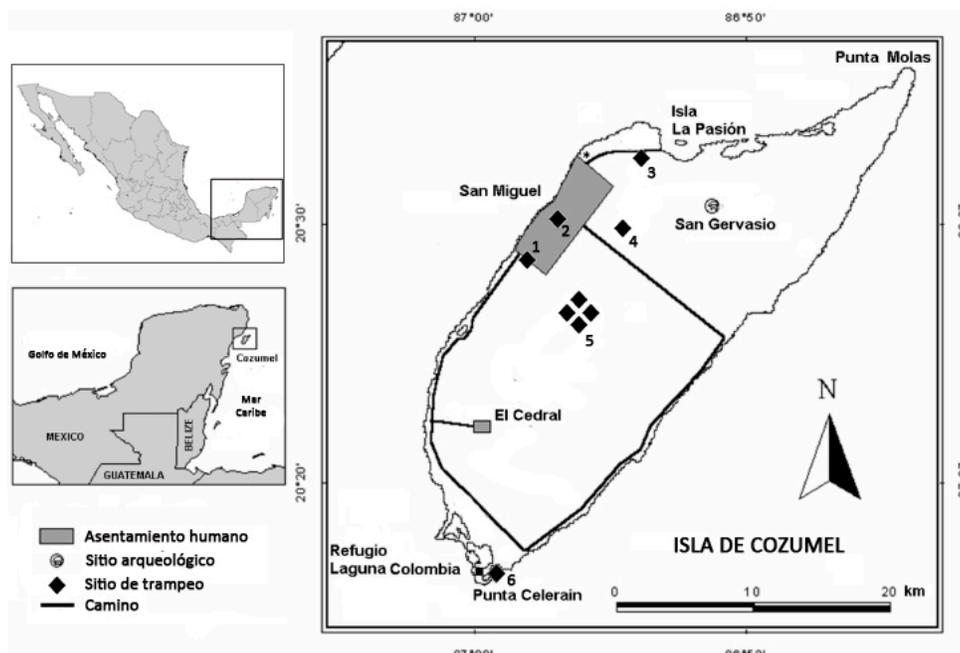


Figura 12. Sitios de muestreo en Cozumel: 1 y 2. Zona urbana y conurbada de San Miguel de Cozumel 3. CAPA IV 4. CAPA I 5. Reserva estatal “Selvas y Humedales de Cozumel” y 6. Punta Sur

En Cozumel se lograron capturar 19 tlacuaches *D. virginiana* (éxito de captura de 0.46%; Cuadro 2), de los cuales 13 fueron adultos, ocho machos y siete hembras para una proporción de sexos en la población de 1:1.1 (H:M; Cuadro 2). Los valores promedio de longitud total (LT) de los adultos fueron de 795.5 (\pm 56.6) mm y peso (P) de 1905.3 (\pm 411.6) g. En la Cuadro 3 se indican todos los valores morfométricos promedio registrados en esta localidad. Es importante precisar que en esta localidad las capturas se hicieron bajo el amparo del permiso especial de colecta por proyecto emitido por SEMARNAT a nombre del Dr. David Valenzuela Galván mediante oficio SGPA/DGVS/00529/14.

Cuadro 2. Esfuerzo de muestreo y resultados en las cinco localidades estudiadas

LOCALIDAD	FECHA	# trampas	# días	EC	<i>D. virginiana</i>	Adultos (M/H)	ExC (%)
CNUAEM	Oct. 2012-abr. 2013	27	190	3409	48	30 (17/13)	1.41
El Limón	Abril. 2013 y jul. 2013	70	26	804	0	0	0.00
Quilamula	Sept. -Oct. 2013 y feb. 2014- mar. 2014	32	52	498	31	20 (6/14)	6.22
Playa del Carmen	Nov. 2013 y jul. 2014	40	14	314	19	15 (6/7)	6.05
Cozumel	Nov. 2013 y feb. 2014- oct. 2014	129	52	4124	19	13 (8/7)	0.46
TOTAL		298	334	9149	117	78 (37/41)	14.14

EC= Esfuerzo de captura; **ExC=** Éxito de captura; **M=** Machos; **H=** Hembras

Cuadro 3. Valores promedio y desviación estándar de 12 medidas morfométricas (mm) tomadas de 78 tlacuaches adultos capturados en cuatro localidades de México.

		n	LC	LCL	LT	CL	CA	CS
CNUAEM	Machos	17	500.2 ± 47.0	359.3 ± 30.4	859.5 ± 62.8	136.5 ± 16.5	61.3 ± 7.8	13.5 ± 3.5
	Hembras	13	460 ± 48.3	357.1 ± 24.5	817.1 ± 62.1	104.5 ± 42.5	52.1 ± 6	10.2 ± 1.5
	Población	30	482.8 ± 51	358.4 ± 27.6	841.1 ± 65	122.7 ± 34	57.3 ± 8.3	12.1 ± 3.3
REBIOSH	Machos	6	499.7 ± 40.4	378 ± 28	877.7 ± 54.8	130.8 ± 13.9	58.2 ± 6.9	12.6 ± 3
	Hembras	14	481.9 ± 23.4	347.4 ± 68.4	829.3 ± 75.6	128.4 ± 8.6	53.7 ± 3.8	9.4 ± 2.2
	Población	20	487.2 ± 29.5	356.6 ± 60.1	843.8 ± 72.2	129.1 ± 10.2	55.1 ± 5.2	10.3 ± 2.8
PLAYA	Machos	6	481.3 ± 34.7	363.8 ± 24.3	845.2 ± 56.5	140.5 ± 19.1	65.6 ± 5.2	16.7 ± 2.3
	Hembras	7	481.6 ± 58.3	346.6 ± 40.7	828.1 ± 64.9	128 ± 11.9	52.1 ± 4.1	10.3 ± 1.2
	Población	13	481.5 ± 46.9	354.5 ± 34	836 ± 59.3	133.8 ± 16.3	58.4 ± 8.3	13.2 ± 3.8
COZUMEL	Machos	8	467.4 ± 32.4	350.6 ± 28.9	818 ± 56.1	157.1 ± 18.6	61.1 ± 2.6	13.4 ± 1.9
	Hembras	7	429.3 ± 16.7	340.4 ± 37.2	769.7 ± 48.6	144.4 ± 11.8	51.3 ± 4.6	9.1 ± 1.9
	Población	15	449.6 ± 32.1	345.9 ± 32.2	795.5 ± 56.6	151.2 ± 16.6	56.5 ± 6.1	11.4 ± 2.9
GENERAL	Machos	37	489.9 ± 42.1	361.2 ± 29	851.1 ± 60.2	140.7 ± 18.7	61.5 ± 6.6	13.9 ± 3.2
	Hembras	41	465.9 ± 42.5	349.2 ± 46.8	815.1 ± 66.8	123.5 ± 28.5	52.5 ± 4.7	9.7 ± 1.8
	General	78	477.3 ± 43.7	354.9 ± 39.6	832.2 ± 65.9	131.7 ± 25.7	56.8 ± 7.2	11.7 ± 3.3

LC= Longitud corporal; LCL= Longitud de la cola; LT= Longitud total; CL= Largo del cráneo; CA= Ancho del cráneo; CS= Canino superior

Cuadro 3 Segunda parte. Valores promedio y desviación estándar de 12 medidas morfométricas (mm) tomadas de 78 tlacuaches adultos capturados en cuatro localidades de México.

		n	CI	CE	Pt	O	AC	P (g)
CNUAEM	Machos	17	9.2 ± 2.1	289.2 ± 26	61.7 ± 7.9	51.8 ± 3.6	192.4 ± 29	2214.7 ± 524.3
	Hembras	13	6.3 ± 2	269.3 ± 41	56.9 ± 9.6	47.4 ± 8.8	179.31 ± 38	1746.2 ± 311.9
	Población	30	7.9 ± 2.6	280.6 ± 34	59.6 ± 8.9	49.9 ± 6.7	186.7 ± 33	2011.7 ± 497.7
REBIOSH	Machos	6	7 ± 1.7	269.3 ± 36	63 ± 2.5	49.4 ± 1.7	155 ± 27	2050 ± 837.9
	Hembras	14	6.2 ± 1.5	256.7 ± 11	58.5 ± 5.2	51 ± 3.2	157.07 ± 14	1678.6 ± 250.2
	Población	20	6.4 ± 1.6	260.5 ± 21	59.9 ± 4.9	50.5 ± 2.9	156.5 ± 18	1790 ± 508
PLAYA	Machos	6	10 ± 1.42	261.2 ± 8	57.7 ± 4.8	51.5 ± 3.3	163.2 ± 7	2116.7 ± 194.1
	Hembras	7	6.8 ± 0.9	237.9 ± 21	54.3 ± 3.5	48 ± 1.3	154.7 ± 10	1571.4 ± 251.4
	Población	13	8.3 ± 2	248.6 ± 20	55.9 ± 4.3	49.6 ± 3	158.6 ± 10	1823.1 ± 356.8
COZUMEL	Machos	8	8.6 ± 2.1	273.9 ± 21	58.8 ± 3.4	44.6 ± 3.3	169.9 ± 18	2131.3 ± 349.4
	Hembras	7	6.4 ± 0.8	242.9 ± 32	54.7 ± 3	42 ± 5.4	145 ± 13	1647.1 ± 327.1
	Población	15	7.6 ± 1.9	259.4 ± 30	56.9 ± 3.8	43.4 ± 4.5	158.3 ± 20	1905.3 ± 411.6
GENERAL	Machos	37	8.9 ± 2.1	278.1 ± 26	60.6 ± 6.2	49.8 ± 4.3	176.7 ± 28	2154.1 ± 502.5
	Hembras	41	6.4 ± 1.5	255.1 ± 30	56.6 ± 6.5	47.8 ± 6.4	161.7 ± 26	1676.3 ± 280.6
	General	78	7.5 ± 2.2	266 ± 31	58.5 ± 6.6	48.7 ± 5.5	168.8 ± 28	1902.9 ± 465.4

CI= Canino inferior; CE= Cintura escapular; Pt= Longitud pata izquierda; O= Longitud oreja izquierda; AC= Altura a la cruz; P= Peso

7.2 Análisis de variación en tamaño corporal

7.2.1 Variación corporal entre poblaciones

El análisis de componentes principales (ACP) reveló la existencia de variación en tamaño corporal entre poblaciones por la separación de las poblaciones de CNUAEM y Cozumel en diferentes sentidos (Figura 13). Los componentes I, II y III explican el 71.05 % de la varianza total observada. Las variables que mejor explican la variación a lo largo del componente uno, el cual reúne la mayor varianza observada (46.27 %), son el peso y la longitud corporal, además de variables relacionadas con a la morfología craneal (CA y CS, Cuadro 4).

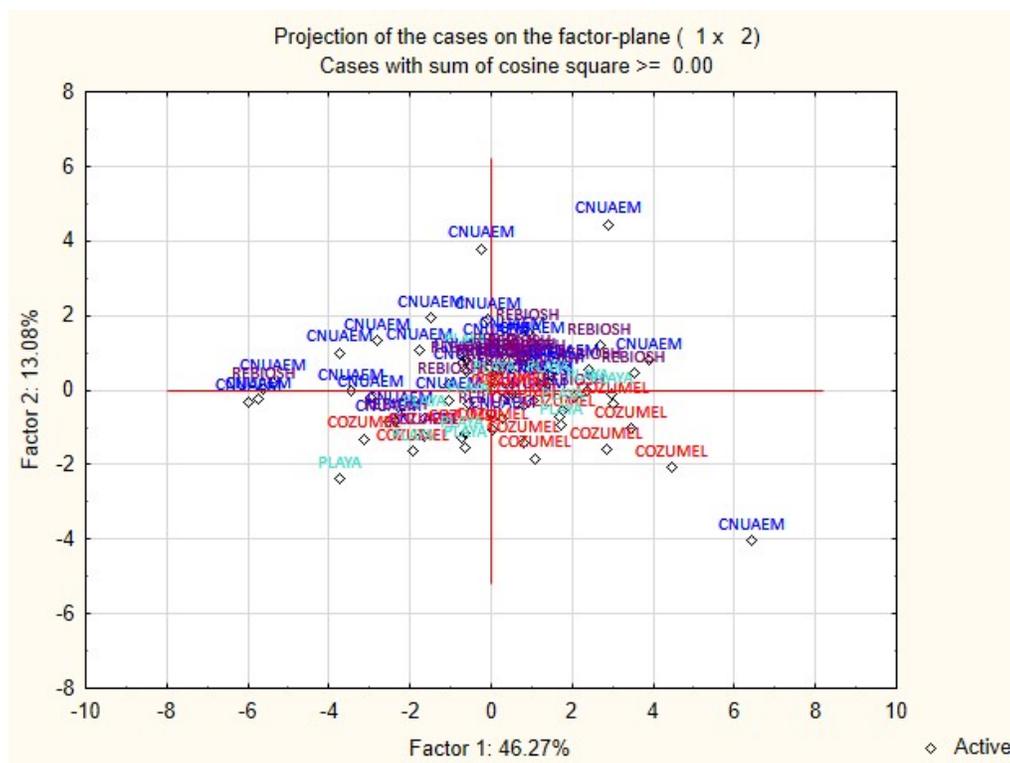


Figura 13. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis de 12 variables morfométricas de cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Cuadro 4. Contribución de cada variable para los componentes principales I, II y III en el análisis entre poblaciones.

	CP I	CP II	CP III
LC	0.110	0.005	0.030
LCL	0.027	0.002	0.481
LT	0.102	0.001	0.284
CL	0.022	0.322	0.001
CA	0.114	0.020	0.024
CS	0.104	0.072	0.040
CI	0.079	0.106	0.058
CE	0.099	0.104	0.033
Pt	0.078	0.125	0.017
O	0.047	0.191	0.020
AC	0.067	0.042	0.002
P	0.144	0.012	0.004
% Varianza	46.2	13.1	11.7

El análisis de Friedman (Cuadro 5) mostró que existen diferencias significativas en 7 de las 12 variables a nivel poblacional (machos y hembras) y el análisis post hoc indicó que Cozumel y CNUAEM son las poblaciones que marcan las diferencias estadísticamente significativas. La población de la isla muestra variación en 6 de esas 7 variables, siendo las diferencias más marcadas en: longitud corporal (LC= $T^2=6.40$; GL=3; P=0.011) peso (P= $T^2= 14.95$; GL= 3; P=<0.0001) y en las extremidades, es decir, la oreja (O= $T^2=13.73$; GL= 3; P= <0.0001) y pata izquierdas (Pt= $T^2=10.1$; GL= 3; P= <0.0001). La población del CNUAEM muestra variación significativa en altura a la cruz (AC= $T^2= 5.59$; GL= 3; P= 0.0026) y longitud corporal (LC= $T^2=11.3$; GL= 3; P= <0.0034).

Cuadro 5. Test de Friedman y posthoc para variación del fenotipo en tamaño corporal entre cuatro poblaciones de *D. virginana* en México.

Resultados de las variables que mostraron diferencias significativas

Variable	Población	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	Significancia ($p > 0.050$)		
LC	COZUMEL	28.50	1.90	78	A		
	PLAYA	38.50	2.57	78	A	B	
	REBIOSH	39.00	2.60	78	A	B	
	CNUAEM	40.00	2.93	78		B	
P	REBIOSH	29.00	1.93	78	A		
	COZUMEL	34.50	2.30	78	A	B	
	PLAYA	39.50	2.63	78	A	B	
	CNUAEM	47.00	3.13	78		B	
LCL	REBIOSH	24.00	1.60	78	A		
	PLAYA	29.00	1.93	78	A	B	
	CNUAEM	43.00	2.87	78			C
	COZUMEL	54.00	3.60	78			D
AC	REBIOSH	28.00	1.87	78	A		
	PLAYA	33.00	2.20	78	A	B	
	COZUMEL	37.00	2.47	78	A	B	C
	CNUAEM	52.00	3.47	78			D
CA	COZUMEL	20.50	1.37	78	A		
	PLAYA	39.00	2.60	78		B	
	REBIOSH	40.00	2.67	78		B	C
	CNUAEM	50.50	3.37	78			C
Pt	COZUMEL	30.50	2.03	78	A		
	PLAYA	31.00	2.07	78	A	B	
	REBIOSH	42.00	2.80	78	A	B	C
	CNUAEM	46.50	3.10	78			C
CL	PLAYA	26.00	1.73	78	A		
	REBIOSH	35.50	2.37	78	A	B	
	COZUMEL	38.50	2.57	78	A	B	C
	CNUAEM	50.00	3.33	78			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.050$)

LC= Longitud corporal; **LCL=** Longitud de la cola; **CS=** Canino superior; **CE=** Cintura escapular;

Pt= Longitud pata izquierda; **O=** Longitud oreja izquierda; **AC=** Altura a la cruz

7.2.2 Variación en tamaño corporal entre sexos

Mediante el ACP encontramos dimorfismo sexual en todo el conjunto de individuos analizados, tal como ha sido reportado previamente en la especie. En el plano bidimensional generado por el análisis podemos apreciar el posicionamiento de los datos entre el CP I, cuya varianza acumulada es del 46.2% del total, y el CP II con un 13.07% (Figura 14). El peso, la longitud corporal y total son las variables con mayor contribución a la varianza total y, por lo tanto, las que marcan las diferencias entre machos y hembras (Cuadro 6).

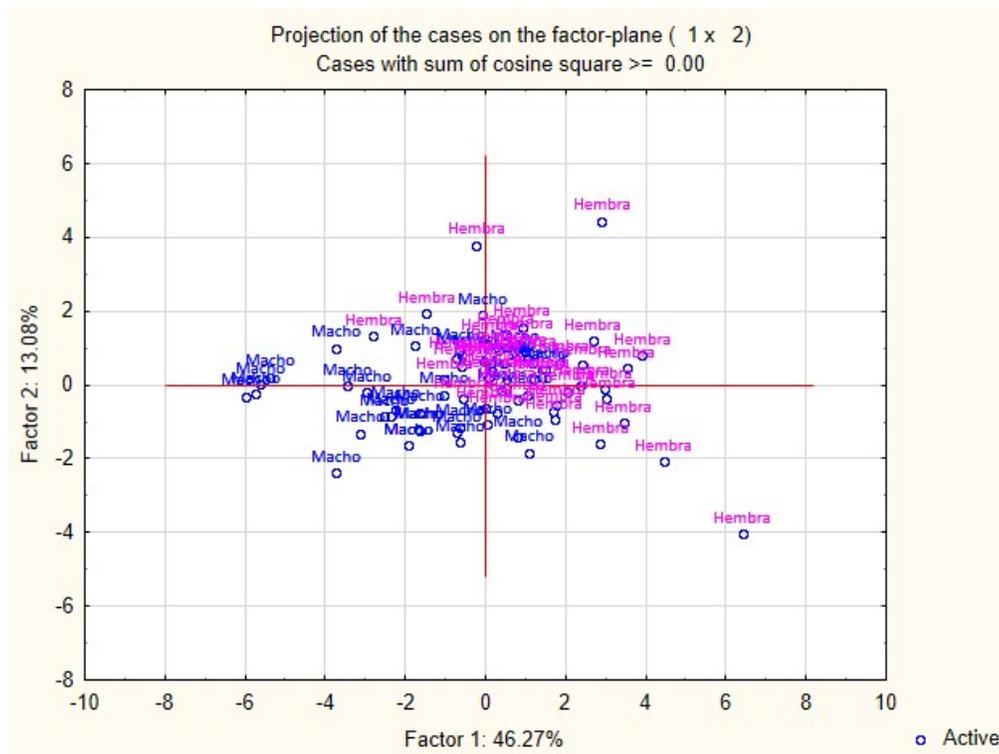


Figura 14. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis por sexos de 12 variables morfométricas de cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Cuadro 6. Contribución de cada variable para los componentes principales I, II y III en el análisis entre poblaciones.

	CP I	CP II	CP III
LC	0.110	0.005	0.030
LCL	0.027	0.002	0.481
LT	0.102	0.002	0.284
CL	0.022	0.322	0.001
CA	0.114	0.020	0.024
CS	0.104	0.072	0.040
CI	0.079	0.106	0.058
CE	0.099	0.104	0.033
Pt	0.078	0.125	0.017
O	0.047	0.191	0.020
AC	0.067	0.042	0.002
P	0.144	0.012	0.004
% Varianza	46.2	13.07	11.7

7.2.3 Variación en tamaño corporal entre machos

El ACP por sexos en machos, separa en el plano morfométrico a Cozumel y CNUAEM del resto de las poblaciones (Figura 15). Son cuatro los componentes principales que explican >70% de la varianza total observada. Las variables que tienen mayor contribución en el CP I (46.2%) son peso, longitud corporal y longitud total (Cuadro 7).

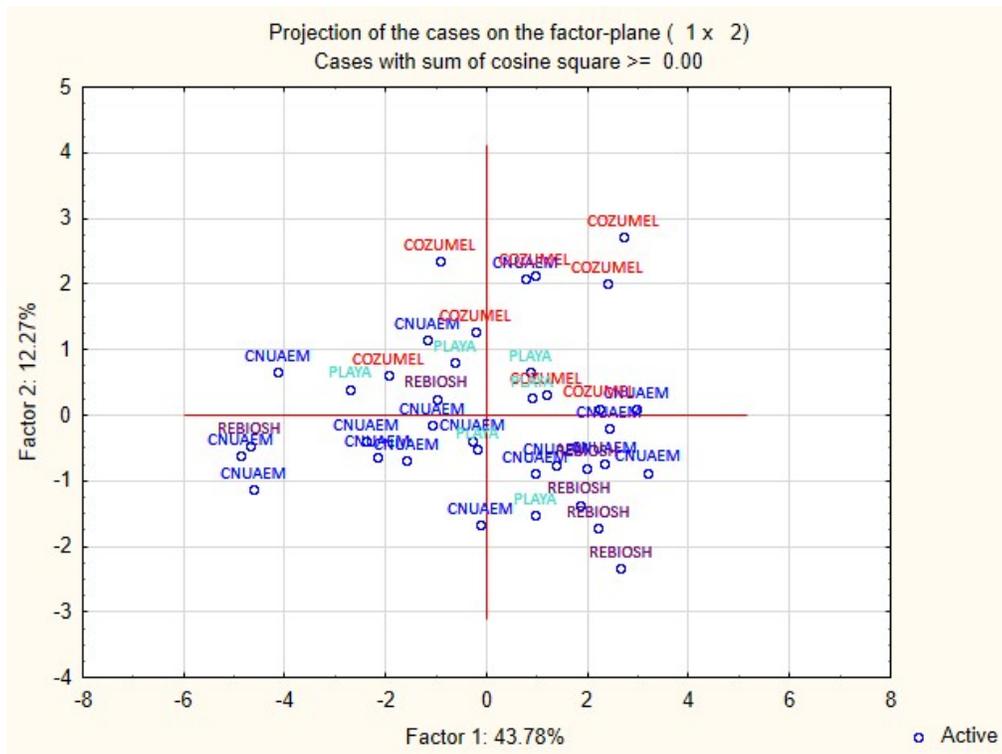


Figura 15. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis 12 variables morfométricas en machos de cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Cuadro 7. Contribución de las variables en los componentes principales I, II, III y IV obtenidos del análisis de 12 variables morfométricas en machos de cuatro poblaciones de *D. virginiana*.

	CP I	CP II	CP III	CP IV
LC	0.146	0.008	0.001	0.001
LCL	0.049	0.122	0.000	0.365
LT	0.140	0.053	0.005	0.103
CL	0.042	0.351	0.001	0.023
CA	0.097	0.001	0.070	0.009
CS	0.088	0.051	0.140	0.069
CI	0.065	0.012	0.243	0.025
CE	0.093	0.001	0.221	0.003
Pt	0.047	0.030	0.052	0.204
O	0.029	0.304	0.015	0.169
AC	0.039	0.046	0.248	0.023
P	0.159	0.016	0.006	0.001
% Varianza	46.2	13.07	11.7	10

El análisis de Friedman muestra diferencias significativas en las variables largo de cráneo (CL=T²= 3.19; GL=3; P=0.0488), longitud corporal (LC= T²= 4.21; GL= 3; P=0.0202) peso (P=T²=5.9; GL=3; P=0.0052), altura a la cruz (AC= T²=3.07; GL=3; P=0.0540) y ancho del cráneo (CA= T²=3.55; GL=3; P=0.0355). El análisis posthoc muestra que en estas tres variables las poblaciones que se diferencian son Cozumel, CNUAEM y Playa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Variación poblacional entre machos de *D. virginiana* en tamaño corporal.

Variable	Población	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	Significancia (p > 0.050)			
CA	CNUAEM	12.00	1.71	37	A			
	REBIOSH	14.00	2.00	37	A	B		
	COZUMEL	20.00	2.86	37	A	B	C	
	PLAYA	24.00	3.43	37			C	D
CL	REBIOSH	12.00	1.71	37	A			
	PLAYA	14.00	2.00	37	A	B		
	CNUAEM	21.00	3.00	37		B	C	
	COZUMEL	23.00	3.29	37			C	
AC	REBIOSH	10.00	1.43	37	A			
	PLAYA	14.00	2.00	37	A	B		
	COZUMEL	21.00	3.00	37		B	C	
	CNUAEM	25.00	3.57	37			C	D
P	COZUMEL	10.50	1.50	37	A			
	REBIOSH	19.00	2.71	37	A	B		
	CNUAEM	19.50	2.79	37	A	B		
	PLAYA	21.00	3.00	37		B		
LC	COZUMEL	12.00	1.71	37	A			
	REBIOSH	15.00	2.14	37	A	B		
	PLAYA	21.00	3.00	37	A	B		
	CNUAEM	22.00	3.14	37		B		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.050)
CA= Ancho de cráneo; **CL=** Largo de cráneo; **AC=** Altura a la cruz; **P=** Peso; **LC=** Longitud corporal

7.2.4 Variación tamaño corporal entre hembras

Por último, el ACP de hembras es consistente con los análisis de poblaciones y de machos al marcar, en menor medida, las principales diferencias en Cozumel y CNUAEM (Figura 16). En el ACP para hembras, los componentes I, II, III y IV agrupan el 74.83 % de la varianza. La varianza acumulada en el CP I es del 37.8% y las variables que mayor contribución otorgan son: peso, altura a la cruz, cintura escapular y pata izquierda (Cuadro 9).

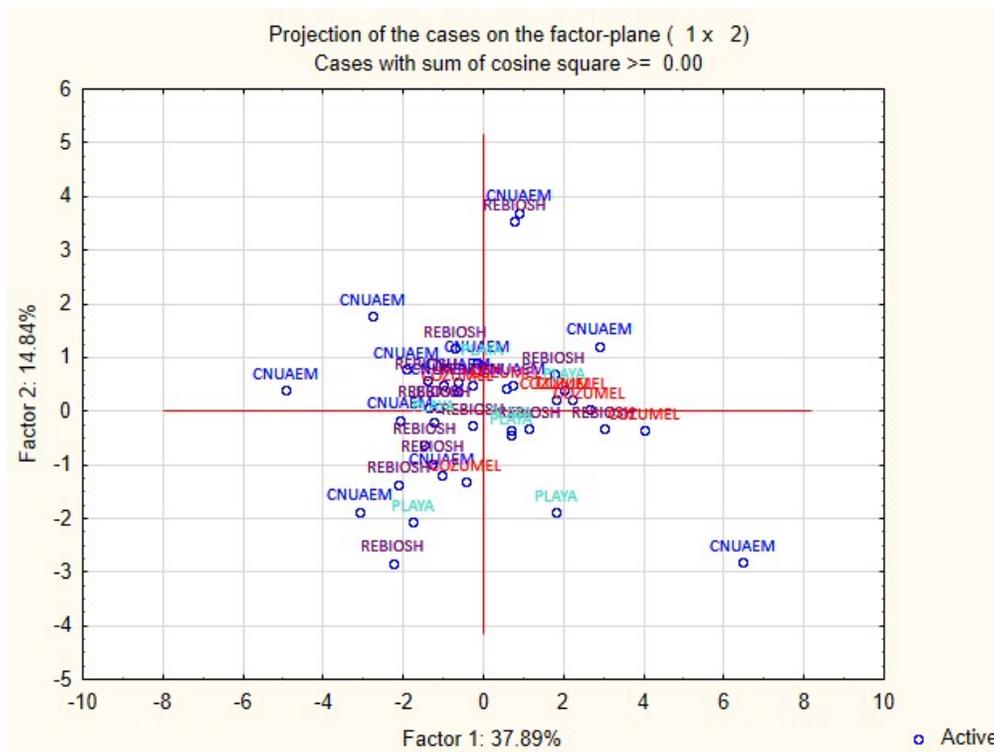


Figura 16. Proyección de los componentes o factores principales I y II del análisis 12 variables morfométricas en hembras de cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Cuadro 9. Contribución de las variables en los componentes principales I, II, III y IV obtenidos del análisis de 12 variables morfométricas en hembras de cuatro poblaciones de *D. virginiana*.

	CP I	CP II	CP III	CP IV
LC	0.097	0.080	0.013	0.001
LCL	0.017	0.236	0.180	0.003
LT	0.085	0.272	0.050	0.001
CL	0.001	0.158	0.142	0.241
CA	0.099	0.013	0.022	0.198
CS	0.062	0.004	0.129	0.267
CI	0.026	0.000	0.355	0.022
CE	0.129	0.109	0.017	0.023
Pt	0.130	0.052	0.024	0.031
O	0.090	0.070	0.023	0.117
AC	0.118	0.001	0.016	0.089
P	0.140	0.001	0.024	0.004
% Varianza	37.8	14.8	13.3	8.7

El análisis de varianza de Friedman (Cuadro 10) mostro 5 variables con diferencias significativas y el análisis posthoc revelo que la población de Cozumel es la que muestra mayor variación morfológica en las variables: longitud corporal (LC= $T^2=5.87$; GL= 3; P= 0.0045), altura a la cruz (AC= $T^2= 5.44$; GL=3; P= 0.0063), largo de cráneo (CL= $T^2= 3.87$; GL= 3; P= 0.0238), oreja (O= $T^2= 9.47$; GL=3; P=0.0004) y pata izquierda (Pt= $T^2= 3.09$; GL=3; P= 0.0492).

Cuadro 10. Variación poblacional entre hembras de *D. virginiana* en tamaño corporal.

Variable	Población	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	Significancia (p > 0.050)		
LC	COZUMEL	10.00	1.25	41	A		
	CNUAEM	21.00	2.63	41	B		
	PLAYA	23.00	2.88	41	B		
	REBIOSH	26.00	3.25	41	B		
CL	REBIOSH	16.50	2.06	41	A		
	CNUAEM	16.50	2.06	41	A	B	
	PLAYA	19.00	2.38	41	A	B	C
	COZUMEL	28.00	3.50	41	C		
AC	COZUMEL	13.00	1.63	41	A		
	REBIOSH	17.00	2.13	41	A	B	
	PLAYA	21.00	2.63	41	A	B	C
	CNUAEM	29.00	3.63	41	C		
O	COZUMEL	11.00	1.38	41	A		
	CNUAEM	22.00	2.75	41	B		
	PLAYA	22.00	2.75	41	B		
	REBIOSH	25.00	3.13	41	B		
Pt	COZUMEL	16.00	2.00	41	A		
	PLAYA	16.00	2.00	41	A	B	
	REBIOSH	21.00	2.63	41	A	B	C
	CNUAEM	27.00	3.38	41	C		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.050)

LC= Longitud corporal; **CA=** Ancho de cráneo; **CL=** Largo de cráneo; **AC=** Altura a la cruz; **O=** Oreja izquierda **Pt=** Pata izquierda;

7.3 Análisis de variación en coloración del pelaje

En general, las medias de la coloración de los diferentes puntos del cuerpo de los tlacuaches analizados presentaron poca variación entre poblaciones y entre sexos (Figuras 17 a 21). En el análisis estadístico se revela que solamente la población de Cozumel presenta variación estadísticamente significativa en la pigmentación de la oreja ($T^2= 9.98$; $p=0.001$) y pata ($T^2= 3.68$; $p=0.0201$), cuyos tonos en orejas y patas son más claros que el resto de las poblaciones (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Test de Friedman y posthoc para la coloración en oreja en cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Población	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n
REBIOSH	22	1.57	14 A
UAEM	31.5	2.25	14 A B
PLAYA	36	2.57	14 B C
COZUMEL	50.5	3.61	14 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.050$)

Cuadro 12. Test de Friedman y posthoc para la coloración en las patas en cuatro poblaciones de *D. virginiana* en México.

Población	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n
PLAYA	27	1.93	14 A
REBIOSH	33	2.36	14 A B
UAEM	33	2.36	14 A B C
COZUMEL	47	3.66	14 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.050$)

En el resto de las variables analizadas para el fenotipo en coloración, (ei., la coloración del pelaje en el dorso, la mejilla y las porciones negro y blanco de la cola), el análisis no reveló diferencias significativas entre las medias de coloración en los pixeles de las fotografías analizadas (Cuadro 13; Figuras 17 y 18).

Cuadro 13. Media de la coloración en pixeles de las 6 diferentes partes del cuerpo de los tlacuaches de 4 poblaciones en México.

Población	<i>n</i>	Dorso	Mejilla	Oreja	Pata	PCB	PCN
UAEM	28	119.1	197.2	51.4	72.65	147.2	82.7
REBIOSH	15	124.1	193.9	41.5	65.9	195.5	89.1
PLAYA	14	133.1	186.5	54.8	63.2	134	81.1
COZUMEL	16	165.2	201.9	73.5	83.5	178.2	96.9

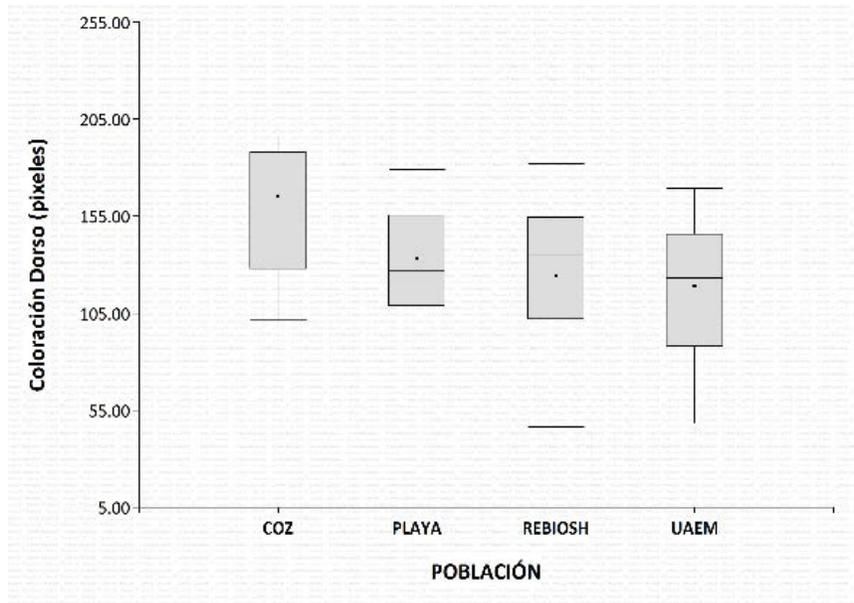


Figura 17. Diagrama de caja para la media de la coloración del dorso de los individuos de *D. virginiana* de cuatro poblaciones en México

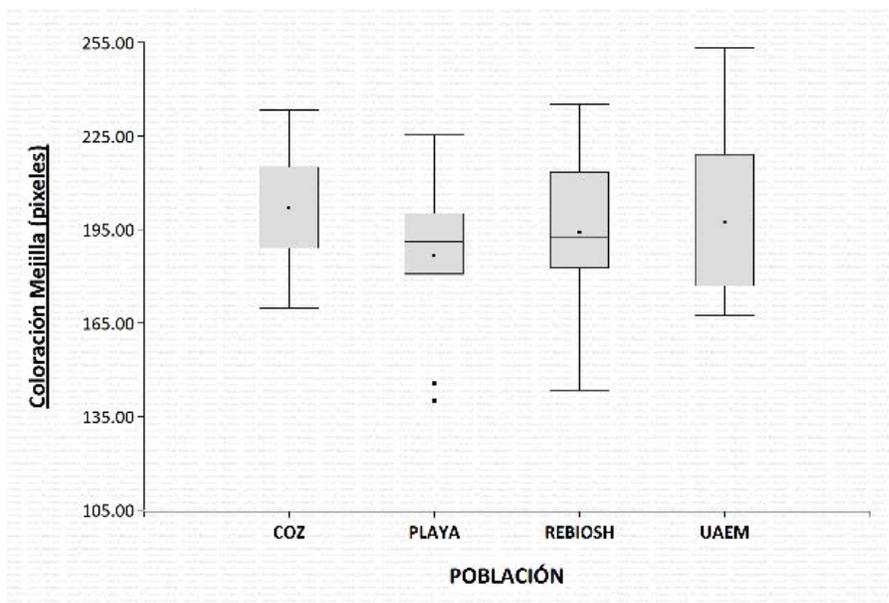


Figura 18. Diagrama de caja para la media de coloración de la mejilla en los individuos de *D. virginiana* de cuatro poblaciones en México.

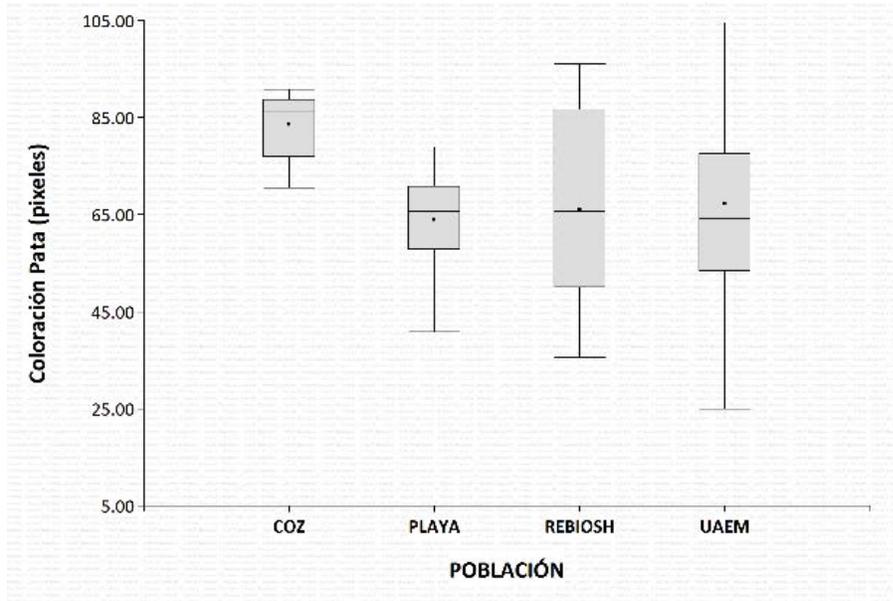


Figura 19. Diagrama de caja para la media de coloración de las patas en los individuos de *D. virginiana* de cuatro poblaciones en México.

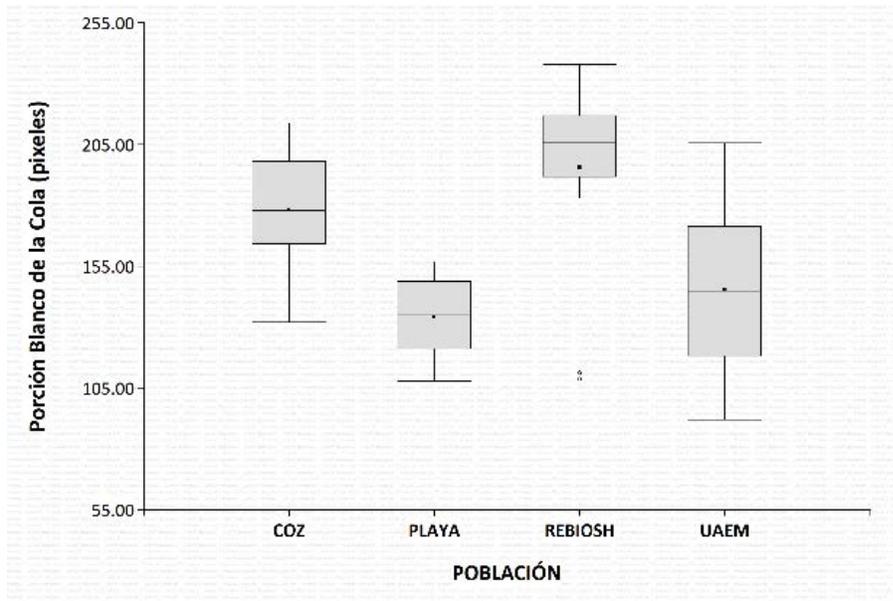


Figura 20. Diagrama de caja para la media en coloración de la porción negra de la cola en los individuos de *D. virginiana* de cuatro poblaciones en México.

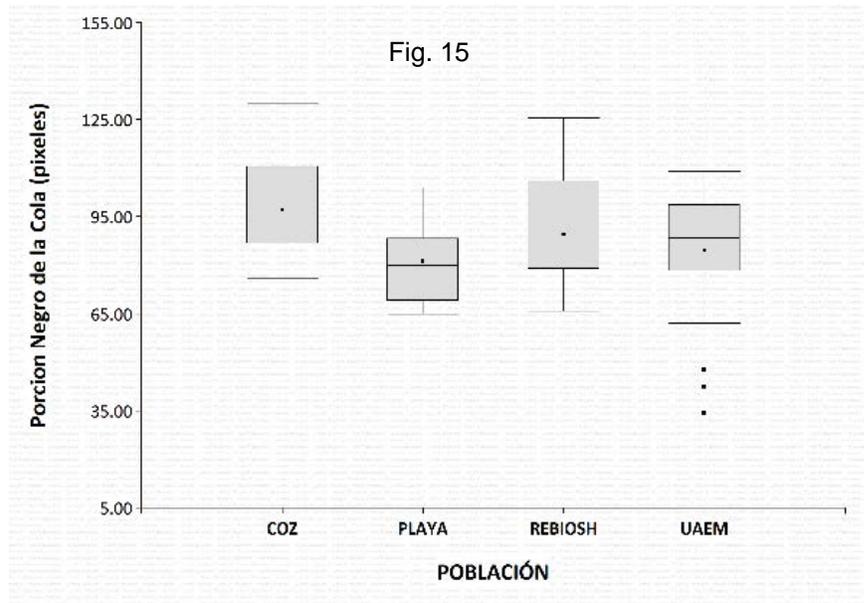


Figura 21. Diagrama de caja para la media de la coloración de la porción blanca de la cola de los individuos de *D. virginiana* pertenecientes a cuatro poblaciones en México.

8 DISCUSIÓN

8.1 Variación en tamaño corporal

Los análisis estadísticos empleados revelan un marcado dimorfismo sexual en tamaño corporal, tal como se ha reportado previamente para la especie (McManus 1974; Hamilton, 1951). Las poblaciones de CNUAEM y Cozumel son las que marcan separaciones estadísticamente significativas, que puede deberse a diferentes factores.

En el CNUAEM, los tlacuaches son en promedio más pesados y grandes que el resto de las poblaciones (482.8 ± 51 mm de longitud corporal, 841.1 ± 65 mm de longitud total y 2011.7 ± 497.7 g de peso). Esta población se encuentra en la localidad con mayor altitud de las cuatro estudiadas y la temperatura media anual es en promedio 6° C más baja que las otras tres localidades, por lo que el aumento en tamaño corporal de los tlacuaches en esta zona podría concordar con lo mencionado por la Regla de Bergmann, es decir, un tamaño corporal mayor en zonas frías como una respuesta termorreguladora adaptativa (Bergmann, 1847; Blackburn *et al.*, 1999; Mayr, 1956; Wigginton y Dobson, 1999; Yom-Tov y Geffen, 2006).

Arteaga-Salazar (2017) reporta medidas morfométricas parecidas a CNUAEM en tlacuaches adultos capturados en áreas urbanas y periurbanas de Santiago de Querétaro, Querétaro: 479 ± 51 mm de longitud corporal, 831 ± 93 mm de longitud total y 2115 ± 667 g de peso. Esta localidad se encuentra a 1820 msnm

y con un rango de temperatura de 12-20 °C, condiciones similares al CNUAEM (INEGI, 2010).

Sin embargo, el mayor tamaño corporal de los tlacuaches en CNUAEM y Santiago de Querétaro también podría deberse a factores diferentes a la altitud o la temperatura. Wright y colaboradores (2012) encontraron que los tlacuaches en una zona urbana eran hasta 37% más pesados que en áreas rurales. Además, mediante radiotelemetría, los autores lograron establecer que las áreas de actividad de los individuos en zonas urbanas eran de menor tamaño que en zonas rurales. En una población de Massachusetts, los tlacuaches tenían hasta 12.8 más probabilidades de morir de inanición durante el invierno en áreas naturales que en entornos urbanos (Kanda *et al.*, 2005). Estas observaciones, junto con la masa significativamente mayor, sugieren que las áreas urbanas proveen una mayor cantidad de recursos a los tlacuaches. Los autores concluyen que esta especie claramente se beneficia de la nueva dinámica que encuentran en áreas urbanas, y sus poblaciones tienen el potencial de continuar expandiéndose a medida que se desarrollan nuevas urbes (Cruz-Salazar *et al.*, 2014; Cruz-Salazar *et al.*, 2016; Kanda, 2005; Wright *et al.*, 2012).

En México, Cruz-Salazar *et al.*, (2014) encontraron que en dos localidades chiapanecas el peso, talla promedio y además la abundancia relativa en tlacuaches (*D. virginiana*) fue mayor en una zona con alta perturbación antrópica (Depresión Central, valores promedio de 1795.45 ± 127.67 g de peso y 670.95 ± 20.48 mm de longitud total) que en una zona con baja perturbación (Los Altos, valores promedio de 1450 ± 340 g de peso y 620.71 ± 67 mm longitud total). Cabe señalar que los

autores no reportan los datos con distinción entre adultos y juveniles. Sin embargo, si señalaron que la diferencia podría deberse a la mayor disponibilidad en calidad y cantidad de recursos alimenticios y refugio. Además, en este trabajo se realizó un análisis de viabilidad poblacional cuyos resultados sugieren que las poblaciones de *D. virginiana* permanecerán estables a través del tiempo, corroborando su alta flexibilidad para desarrollarse en áreas altamente perturbadas, pues estas tienen un efecto sobre la abundancia y distribución de los recursos ya que en los sistemas urbanizados estos son típicamente más abundantes y concentrados (Kanda, 2005; Wright *et al.*, 2012).

En nuestro estudio, la mayoría de las 76 capturas y recapturas de tlacuaches de todas las edades, que se obtuvieron en el Campus universitario ocurrieron dentro o en los alrededores de las facultades, institutos o centros de investigación y solo seis ocurrieron en la zona circundante a la Universidad, denominada como Bosque. Del mismo modo, cuando se realizó el muestreo en la REBIOSH en la localidad de EL Limón las trampas se colocaron en barrancas y arroyos en zonas naturales, alejadas al menos 1 km de la comunidad humana más cercana. En esta localidad no se capturaron tlacuaches en 804 noches/trampa. Al cambiar la zona de muestreo a la localidad de Quilamula, las trampas se colocaron dentro del pueblo y se obtuvieron 31 capturas en 498 noches/trampa.

De forma similar, en Cozumel prácticamente todas las capturas ocurrieron en la zona urbana de San Miguel y solo una en CAPA, un sitio con una menor perturbación antropogénica. Finalmente, en Playa del Carmen se lograron 19 capturas en 319 trampas/noche, las cuales se consiguieron dentro del complejo

hotelero Mayakoba que cuenta con un amplio campo de golf y extensas áreas verdes, lo que podría considerarse como un sitio con un nivel moderado de perturbación antropogénica, sin embargo, el muestreo se enfocó en sitios cercanos a basureros y acopios de residuos de hoteles, restaurantes y oficinas, que focalizan los recursos para la fauna silvestre.

Estos resultados, como en el estudio de Wright *et al.*, (2012), reflejan la afinidad de los tlacuaches a las áreas urbanizadas, donde están encontrando recursos con mayor efectividad que en zonas naturales.

No obstante, los tlacuaches adultos de Quilamula, Playa del Carmen y Cozumel resultaron con un tamaño corporal promedio más pequeño que los individuos de CNUAEM y los de Arteaga-Salazar (2017) en Querétaro, a pesar de que también fueron capturados en áreas urbanas y periurbanas, por lo que el mayor tamaño de estas dos últimas poblaciones podría deberse a una combinación de factores como una respuesta adaptativa a la temperatura templada, concordando con la Regla de Bergmann, y a la mayor disponibilidad de recursos de las áreas urbanas.

Un estudio reciente, con muestras genéticas y morfológicas de *D. virginiana* en prácticamente todo su rango de distribución, revela la correlación entre el aumento en tamaño corporal y las variables ambientales, principalmente en climas templados, cuyo patrón se ajusta a la Regla de Bergmann (Nigenda-Morales *et al.*, 2018a), tal y como hemos encontrado en este estudio.

Para la población de tlacuaches de Cozumel, no encontramos variación estadísticamente significativa en peso corporal con respecto al resto de las poblaciones, pero si muestra variación apreciable en su tamaño corporal, presentando medias más pequeñas en las medidas corporales de longitud, como las de cuerpo y las relacionadas a la morfología craneal, donde el análisis estadístico revela que existen diferencias significativas con respecto al resto de las poblaciones estudiadas en el presente trabajo y en lo reportado por otros autores en poblaciones en México (Sánchez-Bernal, 1991; González-Pérez *et al.*, 1992; Cruz-Salazar *et al.*, 2014, 2016; Arteaga-Salazar, 2017)

Esta variación no parece responder a lo esperado por la Regla de Bergman, ya que los individuos de Cozumel están sujetos a temperaturas, altitud sobre el nivel del mar, latitud y humedad prácticamente idénticos a los individuos de Playa del Carmen. En realidad, dicha variación parece ser en respuesta al efecto conocido como Regla de Foster. Este se produce por las condiciones del hábitat insular que impone una ventaja selectiva para los tamaños medios; ocasionando así que los animales grandes o medianos disminuyan su tamaño corporal, por la disponibilidad limitada de recursos y para mejorar su tasa reproductiva (Foster, 1964; Lomolino, 2005).

En Cozumel este efecto ha sido reportado en distintos vertebrados: el coatí enano (*Nasua nelsoni*), el mapache pigmeo (*Procyon pygmaeus*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el pecarí de collar enano (*Peccari tajacu nanus*), el hocofaisán de Cozumel (*Crax rubra griscomi*) y el cuitlacoche de Cozumel (*Toxostoma guttatum*) especies de la isla que son notablemente más pequeños que

sus congéneres continentales (Navarro y Suárez, 1989; Cuarón *et al.*, 2004; Valenzuela *et al.*, 2014). El mapache pigmeo (*Procyon pygmaeus*), es aproximadamente 45% menos pesado y 18% más pequeño en su longitud total que su congéneres continental *P. lotor* (de Villa-Meza *et al.*, 2011; Garcia-Vasco, 2005). Similar es el caso del coatí enano de Cozumel (*Nasua nelsoni*), cuyo tamaño y peso corporal es alrededor de 25 a 30 % menor al del coatí continental (*Nasua narica*) además presenta longitud craneal y dentadura de menor tamaño (Jones y Lawlor, 1965; Cuarón *et al.*, 2004, 2009; Valenzuela *et al.*, 2014; Rodríguez-Luna, 2015) El tamaño reducido en estos prociónidos está relacionado con restricciones en la disponibilidad de recursos en la isla (McFadden y Meiri, 2013), lo cual también podría estar afectando a la población cozumeleña de *D. virginiana*.

En un estudio arqueológico del uso que los mayas daban a los animales de Cozumel se encontraron 1,116 huesos de tlacuache (Hamblin, 1984). La autora de dicho estudio menciona que los restos óseos colectados en sitios arqueológicos de la isla a menudo eran más pequeños en comparación con los de tlacuaches continentales. Estos datos oscilan entre los años 100-1500 D.C. (Hamblin, 1984, Cuarón, *et al.*, 2004; García-Vasco, 2005), es decir, la variación de tamaño en los tlacuaches de Cozumel podría deberse no solo a los factores ambientales por el sistema insular, sino también a factores genéticos derivados de un aislamiento geográfico antiguo, en un caso similar al del zorro gris cozumeleño, y como se ha comprobado con el tejón enano y el mapache pigmeo, endémicos de la isla (Cuarón *et al.*, 2004; Gomper, 2006; McFadden y Meiri, 2013; Valenzuela *et al.*, 2014; Nigenda *et al.*, 2018a).

Históricamente la población de la isla ha sido clasificado como una subespecie de *D. marsupialis cozumelae* (Allen, 1901; Merriam, 1901; Hall y Kelson, 1959; Hamblin, 1984;), nomenclatura que fue reasignada como *D. virginiana yucatanensis* por Gardner (1973) y que es utilizado en la actualidad (Engstrom *et al.*, 1989; Ceballos, 2013). Este estatus taxonómico debe ser corroborado con mayores estudios morfológicos y genéticos poblacionales, dado que la variación corporal aparente en los tlacuaches de Cozumel sugiere que podrían ser un fenotipo y genotipo distinto y, por lo tanto, único. De ser el caso, tendría que ser considerado como una nueva unidad de conservación (Gompper *et al.*, 2006; Rodríguez-Luna, 2015)

8.2 Variación en color del pelaje

La mayoría de estudios previos sobre el color del pelaje en las subespecies mexicanas *D. virginiana* son descripciones basadas en la apreciación del color del pelaje en individuos de distintas poblaciones, distinguiendo la coloración prácticamente blanca de las dos subespecies de Estados Unidos y Canadá (McManus, 1974; Caro, 2013). En general, los estudios sobre la coloración del pelaje del orden Didelphimorphia han sido escasos (Caro, 2013).

En este estudio, del total de tlacuaches capturados, la fase blanca es la de mayor porcentaje de aparición en cada localidad estudiada (CNUAEM= 81%, PLAYA=84%, REBIOSH= 85%, COZUMEL= 100%). De hecho, en Cozumel todos los individuos capturados fueron de fase blanca. Lo cual es contrario a lo esperado por la regla de Gloger debido a que tres de las cuatro localidades muestreadas se

pueden considerar como entornos oscuros por el tipo de ambiente (da Silva *et al.*, 2016; Kamilar y Bradley, 2011; Lai *et al.*, 2008).

Nigenda-Morales *et al.* (2018a), midió la coloración en tlacuaches en toda su área de distribución utilizando un colorímetro, técnica de mayor precisión para tal fin, y en sus resultados indica que las poblaciones de tlacuache distribuidas desde San Luis Potosí, México hasta el norte de Costa Rica presentan variación significativa en el color del pelaje (Fig. 1). Estos resultados son opuestos con lo que encontramos en este estudio y con la revisión sistemática del género que realizó Gardner en 1970.

Sin embargo, las diferencias encontradas en coloración de las orejas y las patas para la población de Cozumel es la primera vez que se reportan ya que Nigenda-Morales *et al.* (2018a) sólo muestrearon 4 individuos de Cozumel y debido al nivel continental de su trabajo no compararon poblaciones a un nivel detallado como el realizado en este. Por lo tanto, la coloración clara encontrada en la población de Cozumel podría explicarse desde dos perspectivas, la adaptativa y la neutral (Nigenda-Morales *et al.*, 2018a,b).

Desde el punto de vista adaptativo, la decoloración de la piel y el pelo en el tlacuache ha sido reportado en relación a una presión selectiva por patógenos más baja en ambientes templados comparado con ambientes tropicales (Nigenda-Morales *et al.*, 2018a,b). Esto es debido a que la melanina en ambientes tropicales actúa como agente antimicrobial y antifúngica, mientras que en ambientes templados la presión por estos patógenos no es tan fuerte, por lo que los

organismos son menos pigmentados, utilizando su energía en procesos relacionados al mantenimiento de temperaturas corporales en vez de producir melanina (Nigenda-Morales *et al.*, 2018a,b). Sin embargo, este proceso no aplicaría en el caso de la población de Cozumel ya que la isla presenta un ambiente tropical, muy parecido al ambiente de en las que se distribuyen las poblaciones de la Península de Yucatán.

Por lo tanto, es probable que las diferencias observadas en la pigmentación de los tlacuaches de Cozumel se expliquen no desde el punto de vista adaptativo, pero sí de deriva genética. En este escenario, la aislación por largo tiempo de la población de Cozumel (edad del surgimiento de la isla– cuando los mayas habitaron la isla) de las poblaciones continentales ha provocado que se estén empezando a fijar cambios en los fenotipos por el azar, sin que necesariamente estén siendo dirigidos por una presión selectiva (Hamblin, 1984, Cuarón, *et al.*, 2004; Nigenda-Morales *et al.*, 2018b).

Es importante señalar que la metodología empleada en este estudio podría ser mejorada, ya que se tuvieron dificultades de ejecución en cada localidad. Por ejemplo, al momento de tomar las fotografías la exposición lumínica de cada lugar era variable, debido a que dichas fototransacciones eran obtenidas al aire libre en condiciones no controladas. Incluso, hubo animales que fueron capturados mojados debido a la lluvia, lo cual pudo modificar la percepción fotográfica del color del pelaje. Aunque se intentó disminuir los efectos del ambiente mediante técnicas de edición digital, el ruido en cada fotografía está presente. Quizá en un futuro, un estudio de la coloración del pelaje con fotografías obtenidas en condiciones

homogéneas (de estudio) pueda arrojar resultados de mayor precisión (Kamilar y Bradley, 2011; Lai *et al.*, 2008).

La restringida variación fenotípica en color que presentan los tlacuaches en su área de distribución neotropical, sugiere un genotipo poco diversificado para la coloración (Cruz-Salazar *et al.*, 2014; Gardner, 1973). Sin embargo, los resultados obtenidos deben tomarse con cautela por el sesgo metodológico mencionado. Se deben realizar estudios de mayor robustez para explorar el fenotipo del pelaje en los tlacuaches mexicanos y así obtener resultados concluyentes.

9 CONCLUSIONES

Nuestros resultados indican que los tlacuaches en general presentan variación fenotípica entre poblaciones en zonas tropicales, acentuándose la diferencia en tamaño corporal en CNUAEM y Cozumel. Sin embargo, estos resultados podrían deberse a diferentes presiones de selección ya discutidos. En general, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se encontró variación fenotípica en tamaño corporal, siendo mayor en la población de CNUAEM con relación al resto de las poblaciones continentales, aparentemente asociada a la altitud y temperatura, lo cual estaría en concordancia con la regla ecogeográfica de Bergmann.
- Los resultados en el éxito de muestreo, confirman que esta especie claramente se beneficia de la nueva dinámica que encuentran en áreas urbanas, por lo que sus poblaciones tienen el potencial de continuar expandiéndose a medida que se desarrollan nuevas áreas urbanas.
- No se encontró variación fenotípica en coloración del pelaje en las poblaciones continentales que pudiera coincidir con la regla ecogeográfica de Gloger debido a un aparente sesgo metodológico. Esto supondría un rechazo a una de las hipótesis iniciales de este estudio.
- Los resultados indican que la población de Cozumel presenta en promedio un tamaño corporal menor al de las poblaciones continentales de acuerdo con la Regla de Foster para poblaciones insulares.
- La coloración clara encontrada en la población de Cozumel podría explicarse desde la perspectiva adaptativa y la neutral.

- En el muestreo realizado en Cozumel, de más de 4,000 noches/trampa, no se capturó un solo individuo de *D. marsupialis*, ya que todos los individuos capturados presentaron con claridad las características de *D. virginiana*.
- De igual forma, se recomiendan más estudios ecológicos y genéticos a nivel poblacional para determinar si los tlacuaches en Cozumel conforman una unidad taxonómica y, por lo tanto, podría considerarse una unidad de conservación distinta, tal vez a nivel subespecie o quizá a un nivel superior, como ha sucedido recientemente en otros mamíferos de la isla como *N. nelsoni* y *P. pygmaeus*.

10 LITERATURA CITADA

Abràmoff, M D, Paulo J Magalhães, and Sunanda J Ram. 2004. "Image Processing with ImageJ." *Biophotonics International* 11 (7): 36–43. <https://doi.org/10.1117/1.3589100>.

Alcántara-Rojas, Berenice. 2000. "Miquizpan. El Momento Del Parto, Un Momento de Muerte. Prácticas Alrededor Del Embarazo y Parto Entre Nahuas y Mayas." *Estudios Mesoamericanos. Programa de Maestría y Doctorado En Estudios Mesoamericanos, UNAM, 2000*.

Allen, Joel Asaph. 1901. "A Preliminary Study of the North American Opossums of the Genus *Didelphis*." *Bulletin of the American Museum of Natural History* 14: 149–95.

Anderson, Elaine. 1977. "Pleistocene Mustelidae (Mammalia, Carnivora) from Fairbanks, Alaska." *Bulletin of The Museum of Comparative Zoology* 148 (1): 1–21.

Aranda, Jaime Marcelo. 2012. "Didelphis Virginiana." In *Manual Para El Rastreo de Mamíferos Silvestres de México*, 255. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.113211>.

Arteaga-Salazar, Gabriela. 2017. "Prevalencia de Salmonella Spp. En Tlacuaches (*Didelphis Virginiana*) En Zonas Urbanas y Periurbanas de La Ciudad de Santiago de Querétaro." *Tesis de Maestría*. Universidad Autónoma de Querétaro. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

- Beddard, Frank Evers. 1892. *Animal Coloration: An Account of the Principal Facts and Theories Relating to the Colours and Markings of Animals*. 2nd ed. London, S. Sonnenschein & Company.
- Bergmann, Carl. 1847. *Über Die Verhältnisse Der Wärmeökonomie Der Thiere Zu Ihrer Grösse*. *Göttinger Studien*. Vol. 3.
- Blackburn, Tim M., Kevin J. Gaston, and Natasha Loder. 1999. "Geographic Gradients in Body Size: A Clarification of Bergmann's Rule." *Diversity and Distributions* 5 (4): 165–74. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.1999.00046.x>.
- Bradshaw, A.D. 1965. "Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity in Plants." *Advances in Genetics* 13 (January): 115–55. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(08\)60048-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(08)60048-6).
- Caro, Tim. 2005. *The Adaptive Significance of Coloration in Mammals*. *BioScience*. Vol. 55. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0125:TASOCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0125:TASOCI]2.0.CO;2).
- . 2009. "Contrasting Coloration in Terrestrial Mammals." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364 (1516): 537–48. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0221>.
- . 2013. "The Colours of Extant Mammals." *Seminars in Cell and Developmental Biology* 24 (6–7): 542–52. <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2013.03.016>.
- Castro, Carlos Antonio. 1961. "Semantica Del Tlacuache." *La Palabra y El Hombre* 19: 451–59.

Ceballos, Gerardo. 2013. "Didelphimorphia." In *Mammals of Mexico*, edited by Gerardo Ceballos, 71–85. Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv127>.

Ceballos, Gerardo, Lourdes Martínez, Andres García, Eduardo Espinoza, Bezaury-Creel. Juan, and Rodolfo Dirzo. 2010. *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias Para La Conservación de Las Selvas Secas Del Pacífico de México. Fondo De Cultura Económica*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Churchill, Frederick B. 1974. "William Johannsen and the Genotype Concept." *Journal of the History of Biology* 7 (1): 5–30. <http://www.jstor.org/stable/4330602>.

Cloudsley-Thompson, J.L. 2018. "Adaptive Functions of the Colours of Desert Animals." *Journal of Arid Environments* 2 (2): 95–104. [https://doi.org/10.1016/s0140-1963\(18\)31785-3](https://doi.org/10.1016/s0140-1963(18)31785-3).

CONANP. 2005. *Programa de Conservación y Manejo de La Reserva de La Biosfera Sierra de Huautla México*. Edited by O Dorado, D.M. Arias, G Alonso, B Maldonado, and David Valenzuela. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

———. 2008. "Programa de Manejo Del Corredor Chichinautzín." Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT.

Cooper, Marie L. 1998. "Geographic Variation in Size and Shape in the Southern

Brown Bandicoot, *Isodon obesulus* (Peramelidae : Marsupialia), in Western Australia.” *Australian Journal of Zoology* 46 (2): 145–52. <https://doi.org/10.1071/ZO97057>.

Copa-Álvaro, María Eugenia. 2007. “Efectos de Los Huracanes Emily y Wilma En Los Mamíferos Medianos de Cozumel.” Distrito Federal, México: Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cott, Hugh B. 1940. *Adaptive Coloration in Animals*. Methuen; London.

Cruz-Salazar, Bárbara, Lorena Ruiz-Montoya, Darío Navarrete-Gutiérrez, Eduardo E. Espinoza-Medinilla, Ella Vázquez-Domínguez, and Luis Bernardo Vázquez. 2014a. “Diversidad Genética y Abundancia Relativa de *Didelphis marsupialis* y *Didelphis virginiana* En Chiapas, México.” *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85 (1): 251–61. <https://doi.org/10.7550/rmb.36116>.

———. 2014b. “Diversidad Genética y Abundancia Relativa de *Didelphis marsupialis* y *Didelphis virginiana* En Chiapas, México.” *Revista Mexicana de Biodiversidad*. <https://doi.org/10.7550/rmb.36116>.

Cruz-Salazar, Bárbara, Lorena Ruiz-Montoya, Darío Navarrete-Gutiérrez, and Luis Bernardo Vázquez. 2016. “Influence of the Composition and Structure of Modified Landscapes on Abundance of Two Marsupials during the Dry Season.” *Therya* 7 (3): 393–406. <https://doi.org/10.12933/therya-16-401>.

Cuarón, Alfredo. 2009. “Cozumel.” In *Encyclopedia of Islands*, edited by R. Gillespie and D.A. Clague, 203–6. University of California Press, Berkeley.

- Cuarón, Alfredo D., Miguel Angel Martínez-Morales, Katherine W. McFadden, David Valenzuela, and Matthew E. Gompper. 2004. "The Status of Dwarf Carnivores on Cozumel Island, Mexico." *Biodiversity and Conservation* 13 (2): 317–31. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000006501.80472.cc>.
- Cuarón, Alfredo D, David Valenzuela-Galván, Denise García-Vasco, María E Copa, Sandra Bautista, Horacio Mena, Daniela Martínez-Godínez, et al. 2009. "Conservation of the Endemic Dwarf Carnivores of Cozumel Island , Mexico." *Carnivore Conservation* 41 (August): 15–21.
- Dudley, Susan A., and Johanna Schmitt. 1996. "Testing the Adaptive Plasticity Hypothesis: Density-Dependent Selection on Manipulated Stem Length in *Impatiens Capensis*." *The American Naturalist*. The University of Chicago PressThe American Society of Naturalists. <https://doi.org/10.2307/2463217>.
- Engstrom, M., C. A. Schmidt, J. C. Morales, and R. C. Dowler. 1989. "Records of Mammals from Isla Cozumel, Quintana Roo, Mexico." *The Southwestern Naturalist* 34 (3): 413. <https://doi.org/10.2307/3672170>.
- Foster, J. Bristol. 1964. "Evolution of Mammals on Islands." *Nature* 202 (4929): 234–35. <https://doi.org/10.1038/202234a0>.
- Fusco, Giuseppe, and Alessandro Minelli. 2010. "Phenotypic Plasticity in Development and Evolution: Facts and Concepts. Introduction." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 365 (1540): 547–56. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0267>.

- Garcia-Vasco, Denisse. 2005. "Distribución, Abundancia y Aspectos Poblacionales Del Mapache Enano (*Procyon Pygmaeus*), Un Carnívoro Insular Endémico." Universidad Veracruzana.
- Gardner, Alfred. 1973. *The Systematics of the Genus Didelphis (Marsupialia: Didelphidae) in North and Middle America. Special Publication, The Museum, Texas Tech University. Vol. 4.*
- . 2005. "Order Didelphimorphia." In *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*, edited by D. E. Wilson and D. M. Reeder, Third, 3–18. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Gardner, Alfred, and Melvin Sunquist. 2003. "Opossum, *Didelphis Virginiana*." In *Wild Mammals of North America*, edited by G A Feldhamer, B C Thompson, and J A Chapman, Second, 3–29. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Gloger, Constantin W L. 1833. *Das Abändern Der Vögel Durch Einfluss Des Klima's. Nach Zoologischen, Zunächst von Den Europäischen Landvögeln Entnommenen Beobachtungen Dargestellt, Mit Den Entsprechenden Erfahrungen Bei Den Europäischen Säugthieren Verglichen, Und Durch Thatsachen Aus .*
- Gompper, M. E., A. E. Petrites, and R. L. Lyman. 2006. "Cozumel Island Fox (*Urocyon Sp.*) Dwarfism and Possible Divergence History Based on Subfossil Bones." *Journal of Zoology* 270 (1): 72–77. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00119.x>.

González-Pérez, Graciela, Victor Bernal, Luis Iñiguez Dávalos, Eduardo Santana, and Todd Fuller. 1992. "Patrones de Actividad Del Coyote (*Canis Latrans*), La Zorra Gris (*Urocyon Cinereoargenteus*) y El Tlacuache (*Didelphis Virginiana*) En La Sierra de Manantlán, Jalisco." *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 63 (January): 293–99.

Hale, Marie. 2000. "Inheritance of Geographic Variation in Body Size, and Countergradient Variation in Growth Rates, in the Southern Brown Bandicoot *Isoodon Obesulus*." *Australian Mammalogy*.

Hall, Eugene, and Keith R Kelson. 1959. *The Mammals of North America. 2 Vols.* Ronald Press.

Hamblin, Nancy Lee. 1984. "Animal Utilization by the Cozumel Maya: Interpretation through Faunal Analysis." The University of Arizona, Tuscon.

Hamilton, W. J. 1951. "The Food of the Opossum in New York State." *The Journal of Wildlife Management* 15 (3): 258. <https://doi.org/10.2307/3797218>.

Hilderbrand, G V, C C Schwartz, C T Robbins, M E Jacoby, T A Hanley, S M Arthur, and C Servheen. 2011. "The Importance of Meat, Particularly Salmon, to Body Size, Population Productivity, and Conservation of North American Brown Bears." *Canadian Journal of Zoology* 77 (1): 132–38. <https://doi.org/10.1139/z98-195>.

Hunter, Luke, and Priscilla Barrett. 2011. *Carnivores of the World. Princeton Field Guides.* 1a ed. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1086/666784>.

- Hüttinger, Christine, and María Luisa Domínguez. 2010. "Lo Que Cuenta El Tlacuache... Tres Cuentos Tsotsiles Entre Mito y Literatura." *Fuentes Humanísticas Humanísticas*, 2010.
- James, Frances. 1970. "Geographic Size Variation in Birds and Its Relationship to Climate." *Ecology* 51 (3): 365–90.
- Johannsen, William. 1911. "The Genotype Conception of Heredity." *The American Naturalist* 45 (531): 129–59. <http://www.jstor.org/stable/2455747>.
- Jones, J Knox, and Timothy E Lawlor. 1965. *Mammals from Isla Cozumel, Mexico, with Description of a New Species of Harvest Mouse*. University of Kansas, Museum of Natural History.
- Kamilar, Jason M., and Brenda J. Bradley. 2011. "Interspecific Variation in Primate Coat Colour Supports Gloger's Rule." *Journal of Biogeography* 38 (12): 2270–77. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02587.x>.
- Kanda, L. Leann, Todd K. Fuller, Paul R. Sievert, and Kevin D. Friedland. 2005. "Variation in Winter Microclimate and Its Potential Influence on Virginia Opossum (*Didelphis Virginiana*) Survival in Amherst, Massachusetts." *Urban Ecosystems* 8: 215–25. <papers://30fca6b2-cc57-44ef-b8d6-17dbcaabefcc/Paper/p248>.
- Kanda, Leann. 2005. *Winter Energetics of Virginia Opossums *Didelphis Virginiana* and Implications for the Species' Northern Distributional Limit*. *Ecography*. Vol. 28. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04173.x>.

- Kennedy, Michael L, and Stephen L Lindsay. 1984. "Morphologic Variation in the Raccoon, *Procyon Lotor*, and Its Relationship to Genic and Environmental Variation." *Journal of Mammalogy* 65 (2): 195–205. <https://doi.org/10.2307/1381159>.
- Koch, Paul L. 1986. "Clinal Geographic Variation in Mammals : Implications for the Study of Chronoclines." *Paleobiology* 12 (3): 269–81.
- Lai, Yung-Chih, Toshihiko Shiroishi, K Moriwaki, M Motokawa, and H T. Yu. 2008. *Variation of Coat Color in House Mice throughout Asia. Journal of Zoology*. Vol. 274. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2007.00382.x>.
- Lomolino, Mark V. 2005. "Body Size Evolution in Insular Vertebrates: Generality of the Island Rule." *Journal of Biogeography* 32 (10): 1683–99. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01314.x>.
- López Austin, Alfredo. 1990. *Los Mitos El Tlacuache. Caminos de La Mitología Mesoamericana*. Ciudad de México: Alianza Editorial Mexicana.
- Majerus, Michael E.N, and Nicholas I Mundy. 2003. "Mammalian Melanism: Natural Selection in Black and White." *Trends in Genetics* 19 (11): 585–88. <https://doi.org/10.1016/J.TIG.2003.09.003>.
- Martinez, Pablo A., Dardo A. Marti, Wagner F. Molina, and Claudio J. Bidau. 2013. "Bergmann's Rule across the Equator: A Case Study in *Cerdocyon Thous* (Canidae)." *Journal of Animal Ecology* 82 (5): 997–1008. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12076>.

- Mayr, Ernst. 1956. "Geographical Character Gradients and Climatic Adaptation." *Evolution* 10 (1): 105–8. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1956.tb02836.x>.
- . 1982. "Speciation and Macroevolution." *Evolution* 36 (6): 1119–32. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1982.tb05483.x>.
- Mcfadden, K. W., and S. Meiri. 2013. "Dwarfism in Insular Carnivores: A Case Study of the Pygmy Raccoon." *Journal of Zoology* 289 (3): 213–21. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2012.00978.x>.
- McFadden, Kate Katherine W., Raymond N. Sambrotto, Rodrigo A. Medellín, Matthew E. Gompper, and Matthew E. Gompper. 2006. "Feeding Habits of Endangered Pygmy Raccoons (*Procyon Pygmaeus*) Based on Stable Isotope and Fecal Analyses." *Journal of Mammalogy* 87 (3): 501–9. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-150R1.1>.
- McManus, John J. 1974. "Didelphis Virginiana." *Mammalian Species*, no. 40 (May): 1–6. <https://doi.org/10.2307/3503783>.
- Meiri, Shai, Tamar Dayan, and Daniel Simberloff. 2004. "Carnivores , Biases and Bergmann's Rule." *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 579–88.
- Merriam, Hart C. 1901. "Six New Mammals from Cozumel Island, Yucatan." *Biological Society of Washington* 14: 99–104.
- Miranda, Faustino, and Efraim Hernández. 1963. *Los Tipos de Vegetación de México y Su Clasificación. Boletín de La Sociedad Botánica de México*. Vol. 28. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>.

- Müller, Gerd B. 2007. "Evo–Devo: Extending the Evolutionary Synthesis." *Nature Reviews Genetics* 8 (12): 943–49. <https://doi.org/10.1038/nrg2219>.
- Navarro, L. D, and M Suárez. 1989. "A Survey of the Pygmy Raccoon (*Procyon Pygmaeus*) of Cozumel, Mexico." *Mammalia* 53 (3): 458–61.
- Nevo, Eviatar. 1989. "Natural Selection of Body Size Differentiation in Spiny Mice, *Acomys*." *Z. Säugetierkunde* 54: 81–99.
- Nevo, Eviatar, Avigdor Beiles, Giora Heth, and Shimon Simson. 1986. "Adaptive Differentiation o Body Size in Speciating Mole Rats." *Oecologia* 69 (3): 327–33. <https://doi.org/10.1007/BF00377052>.
- Nigenda-Morales, Sergio F., Ryan J. Harrigan, and Robert K. Wayne. 2018. "Playing by the Rules? Phenotypic Adaptation to Temperate Environments in an American Marsupial." *PeerJ* 2018 (3): 1–25. <https://doi.org/10.7717/peerj.4512>.
- Nigenda-Morales, Sergio F., Yibo Hu, James C. Beasley, Hugo A. Ruiz-Piña, David Valenzuela-Galván, and Robert K. Wayne. 2018. "Transcriptomic Analysis of Skin Pigmentation Variation in the Virginia Opossum (*Didelphis Virginiana*)." *Molecular Ecology* 27 (12): 2680–97. <https://doi.org/10.1111/mec.14712>.
- Pérez Escobedo, Marcela, Verónica Bernal Legaria, and Rodrigo González González. 2008. "Qué Hacer Si Encuentras Un Tlacuache." *Manual de Procedimientos Del Programa de Adopción de La Reserva Ecológica Del Pedregal de San Ángel (PROREPSA)*, 91–97.
- Pigliucci, M., and C. D. Schlichting. 1998. "Reaction Norms of *Arabidopsis* . V.

Flowering Time Controls Phenotypic Architecture in Response to Nutrient Stress.” *Journal of Evolutionary Biology* 11 (3): 285–301. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1998.11030285.x>.

Pigliucci, Massimo, Courtney J. Murren, and Carl D. Schlichting. 2006. “Phenotypic Plasticity and Evolution by Genetic Assimilation.” *Journal of Experimental Biology* 209 (12): 2362–67. <https://doi.org/10.1242/jeb.02070>.

Quezada, Noemí. 1975. “Métodos Anticonceptivos y Abortivos Tradicionales.” *Anales de Antropología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 1975.

Rodríguez-Luna, César R. 2015. Ecología espacial y patrones de actividad del tejón enano (*Nasua nelsoni* Merriam, 1901) de Isla Cozumel. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación- UAEM. Cuernavaca, Morelos.

Rzedowski, Jerzy. 1978. *Vegetación de México*. 1ra Edició. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.2307/1219727>.

Schlichting, C D, and M Pigliucci. 1998. *Phenotypic Evolution: A Reaction Norm Perspective*. Sunderland: Sinauer Associates Incorporated.

Schlichting, Carl. 2004. “The Role of Phenotypic Plasticity in Diversification.” In *Journal of Experimental Biology - J EXP BIOL*, 209:191–200. <https://doi.org/10.1242/jeb.02324>.

Schmid, Bernhard. 1992. “Phenotypic Variation in Plants.” *Evolutionary Trends in*

Plants 6 (1): 45–60.

Sikes, Robert. 2016. “2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the Use of Wild Mammals in Research and Education:” *Journal of Mammalogy* 97 (3): 663–88. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw078>.

Silva, L. G. da, T. G. de Oliveira, C. B. Kasper, J. J. Cherem, E. A. Moraes, A. Paviolo, and E. Eizirik. 2016. “Biogeography of Polymorphic Phenotypes: Mapping and Ecological Modelling of Coat Colour Variants in an Elusive Neotropical Cat, the Jaguarundi (*Puma yagouaroundi*).” *Journal of Zoology* 299 (4): 295–303. <https://doi.org/10.1111/jzo.12358>.

Solalinde, Danelly. 2012. “Caracterización de Letrinas y Consumo de Frutos Del Cacomixtle (*Bassariscus Astutus*, Carnívora) En El Campus Norte de La UAEM.” Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Stoner, Chantal J, Olaf R P Bininda-Emonds, and T lim Caro. 2003. “The Adaptive Significance of Coloration in Lagomorphs.” *Biological Journal of the Linnean Society* 79 (2): 309–28. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00190.x>.

Taylor, Nathan T., Kendall M. Davis, Helena Abad, Maureen R. McClung, and Matthew D. Moran. 2017. “Ecosystem Services of the Big Bend Region of the Chihuahuan Desert.” *Ecosystem Services* 27: 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.017>.

Teplitsky, Céline, James A Mills, Jussi S Alho, John W Yarrall, and Juha Merilä. 2008. “Bergmann’s Rule and Climate Change Revisited: Disentangling

Environmental and Genetic Responses in a Wild Bird Population.” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105 (36): 13492–96. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800999105>.

Ulmer, Fred A. Jr. 1941. “Melanism in the Felidae, with Special Reference to the Genus *Lynx*.” *Journal of Mammalogy* 22 (3): 285. <https://doi.org/10.2307/1374954>.

Valenzuela, David, Alfredo D. Cuarón, María Eugenia Copa-Alvarado, and Ella Vázquez-Domínguez. 2014. “*Nasua Nelsoni*.” In *Mammals of Mexico*, edited by Gerardo Ceballos, 569–71. Johns Hopkins University Press.

Villa-Meza, Alejandra de, Rafael Avila-Flores, Alfredo D Cuarón, and David Valenzuela-Galván. 2011. “*Procyon Pygmaeus* (Carnivora: Procyonidae).” *Mammalian Species* 43 (877): 87–93. <https://doi.org/10.1644/877.1>.

Whitman, Douglas W, and Anurag A Agrawal. 2009. “What Is Phenotypic Plasticity and Why Is It Important?” In *Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanisms and Consequences*, edited by Douglas W Whitman and T N Ananthkrishnan, 1–63. USA: Science Publishers. http://www.scipub.net/entomology/gifs/Ch_1-Phenotypic-Plasticity-of-Insects.pdf.

Wigginton, John D, and F Stephen Dobson. 1999. “Environment Influences on Geographic in Body Size of Western Bobcats.” *Canadian Journal of Zoology* 77: 802–13.

Wold, Svante, Kim Esbensen, and Paul Geladi. 1987. “Principal Component

Analysis.” *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2 (1–3): 37–52.

Wright, Jeffrey D, M Scott Burt, and Victoria L Jackson. 2012. “Influences of an Urban Environment on Home Range and Body Mass of Virginia Opossums (*Didelphis Virginiana*).” *Northeastern Naturalist* 19 (1): 77–86. <http://www.jstor.org/stable/41429417>.

Yom-Tov, Yoram. 1967. “On the Taxonomic Status of the Hares (Genus *Lepus*) in Israel.” *Mammalia* 31 (2): 246–59.

Yom-Tov, Yoram, and Eli Geffen. 2006. “Geographic Variation in Body Size: The Effects of Ambient Temperature and Precipitation.” *Oecologia* 148 (2): 213–18. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0364-9>.

Yom-Tov, Yoram, and Henry Nix. 1986. “Climatological Correlates for Body Size of Five Species of Australian Mammals.” *Biological Journal of the Linnean Society* 29 (4): 245–62. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1986.tb00278.x>.

Zolla, Carlos, and Virginia Mellado. 1995. “La Función de La Medicina Doméstica En El Medio Rural Mexicano.” In *Las Mujeres y La Salud*, edited by Soledad González Montes, 1st ed., 71–92. Colegio de Mexico. <https://doi.org/10.2307/j.ctv512s4d.7>.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., _____

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
PRESENTE.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. Juan Carlos Martínez Montes**, con el título del trabajo: **Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México.**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: _____ SI _____

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

ATENTAMENTE

DR. RAÚL E. ALCALÁ MARTÍNEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

RAUL ERNESTO ALCALA MARTINEZ | Fecha:2020-11-03 19:55:17 | Firmante

N+ZvdSMOpFqu8Kfnk0Gr33gswlFjKcNmtb/q/DOGDGjFEJP6d9stVPNhgICegR3Rt3pfUhMzX51aqdjMjyMbheQxBnCiQrnnxbrQXwJXR0zqzsDc/7BUD0FAkHA4dSqwM6vyNDexsxBx1G99F6NkgiaHcLj44rS5cvnChR5t65gPltV87BuRjM/IzExM2dkUUf9/wU4jCNuu9OZ/Gb2UwgiZxgDw0QmJrdqRdK7SU+ItLjIra7DIQcCmQpB7yflzkPYSkG4nu3X76vZ46oP0UIE29o6Qila6jYS5425G4mhUNNTh16EliN5gf1LcBxpNA97PbGYsCcqNsdvJXg==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

dPig9E

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/KLLfvU8jJSSs6RbXzsBvRnGufoH6UVP9>

UA
EM

Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., _____

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. Juan Carlos Martínez Montes**, con el título del trabajo: **Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México.**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: A FAVOR

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

ATENTAMENTE


DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

DAVID VALENZUELA GALVAN | Fecha:2020-10-30 13:44:18 | Firmante

EZFWLeaSovdDOR9JTcV25vCXCguOoD5QaBiFaoYLivelfu++1SvPwp3RE3CHQF5uljvaXb+H/duosQYe11+TrM1v0hxn0vpZ4rh6beto9N8RNKeXOzcx0uOuEa3FnZOTa5AYxooUK16Ch8iUIYciT2dt/DFTgD8WZURWkAGCP9+2xXLJQ1HgORhr3IGf0sGqex22hikOfUGDEQrNRPhYw9OMBXYbeHHYT2ddzah4hBX/vPQ5ekFRreY90F15JUitVc9mjanoju0pYIEYjXH8w0I0jVjK7Wll/cxD52NdNU41a+8XKoX/D6v6pbvpOUrUNSN2BzarPXsFgUtWZIKelzA==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

TCEY93

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/3GdENP6VYWSmyQHs1TkK2zBX1IC7yRV>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



Cuernavaca, Mor., _____

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. Juan Carlos Martínez Montes**, con el título del trabajo: **Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México.**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: _____ ✓

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

ATENTAMENTE

DRA. MARCELA OSORIO BERISTAIN

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA MARCELA OSORIO BERISTAIN | Fecha:2020-10-31 05:36:18 | Firmante

V2vrTivTO/TNrUwevgy+q1hnbSuzLhiasC0Fizp1+m420D5k8www/QOMzdOzaQljrxJLJ/yld8P+Xk1P8jftUitV3/GyTVsEh+Wl2qEA7Ruhf0NxDa97mTFhg1O7BM2p/D7HNYGqC3s0rq4BoOibOvp3GAvtOOv1cKdkRMBI1/asNjZLvhVEV7KyyKFbRTzAJ2nlBeVILQUcl+trrB60LqAwaTYBfU2ESjeP1cSFydGjTMboGQ1VfycP3WE7RAJrvPTE1A5h//lKA/u5Tlv36gV9o1kCr5LKEfsaKJyj+YfUcMtwPFRcxpnxVwwrllg2K969yvdVj1Bs2sDdfzg==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

xANm2M

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/pYXIBDavKb3ZmXI41NFIO36BbUEUJw1t>



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., _____

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. Juan Carlos Martínez Montes**, con el título del trabajo: **Características fenotípicas y su variación ambiental en poblaciones de tlacuache (*Didelphis virginiana*) en México.**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: _____

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

ATENTAMENTE



DR. SERGIO FABIÁN NIGENDA MORALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

SERGIO FABIÁN NIGENDA MORALES | Fecha:2020-11-20 10:42:36 | Firmante

s1sHDUitFMfsJSrv1R1QHgzxbKk6Cz16xWLVpPcSkRj3ZgX0ghuA5KSlpIZ7vl8noBJFz5+rRD8P0Gjtnwg7DdAa5vDVBtKsJxN5K/m769VZgn8qP3OyISWUKJTNGrVKM0w1YXd7DQVmZ4vLqDmxgNgFtrEhV3kxKA3oGLFW3cjbW7bvQQiNCTAeQ7fTN1i8JUkpLrZ2F0x/dA3RntNzrWwhaosTm18EGWiMVzgz2D9bgqnBHq9nEv2WSmqyzdOX8/TcWdEg5FW+QJbqeM+GGMqYVssCycwcbol/b1cd+SnkNXLhbaMMSm2M58NFLiSS1tBFBURZi/uvnXZ1/3WbljQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



THuO4p

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/oTewd9OmvvpXMleLTSoU6O6XthOYPNiO>

**UA
EM**

Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023

