UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ciencias Biológicas

"RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LA HUELLA Y EL TAMAÑO CORPORAL DE LOS COCODRILOS DE PANTANO *(Crocodylus moreletii)*"

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis

Para obtener el título de:

Licenciatura en Gestión Ambiental

Presenta:

Esther Denice de la Cruz Santos

Directores:

Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza
Dr. Pierre Alexandre Rémy Robert Henri Charruau

Villahermosa, Tabasco, México **Septiembre, 2020**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LA HUELLA Y EL TAMAÑO CORPORAL DE LOS COCODRILOS DE PANTANO (Crocodylus moreletii)

Por Esther Denice de la Cruz Santos

CANTIDAD DE PALABRAS 8423

HORA DE ENTREGA 30-JUN-2025 03:36P. M.

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO 116998614

RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LA HUELLA Y EL TAMAÑO CORPORAL DE LOS COCODRILOS DE PANTANO (Crocodylus moreletii)

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%
ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.iucncsg.org Internet	676 palabras — 8%
2	cites.org Internet	156 palabras — 2%
3	www.coursehero.com Internet	105 palabras — 1%
4	repositorio.xoc.uam.mx Internet	92 palabras — 1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Internet	40 palabras — < 1%
6	origin-www.ngenespanol.com Internet	34 palabras — < 1%
7	hdl.handle.net Internet	29 palabras — < 1%
8	azm.ojs.inecol.mx Internet	27 palabras — < 1%
9	modified-argon-95704.appspot.com Internet	25 palabras — < 1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

10	repositorio-api.eespli.edu.pe Internet	25 palabras — < 1%
11	repositorio.unal.edu.co Internet	24 palabras — < 1%
12	Lieke Faber, Melissa Plasman, Marie José H. M. Duchateau. "Territorial patterns of Dickerson's collared lizard, Crotaphytus dickersonae", Revista Mexicana de Biodiversidad, 2018 Crossref	22 palabras — < 1%
13	www.researchgate.net Internet	21 palabras — < 1%
14	botanicaargentina.org.ar Internet	20 palabras — < 1%
15	cicese.repositorioinstitucional.mx Internet	19 palabras — < 1%
16	fcbujed.com Internet	16 palabras — < 1%
17	repositorio.uvg.edu.gt Internet	14 palabras — < 1%
18	dokumen.pub Internet	13 palabras — < 1%
19	1library.net Internet	12 palabras — < 1%
20	biblioteca.saluscampusdemadrid.com Internet	12 palabras — < 1%
21	gestiopolis.com Internet	12 palabras — < 1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

22	herpconbio.org Internet	12 palabras — < 1%
23	ri.ujat.mx Internet	12 palabras — < 1%
24	publicidad.eresmas.com Internet	11 palabras — < 1%
25	repositorio.utn.edu.ec Internet	11 palabras — < 1%
26	www.iie.org.mx Internet	11 palabras — < 1%
27	docplayer.es Internet	10 palabras — < 1%
28	doczz.net Internet	10 palabras — < 1%
29	renati.sunedu.gob.pe Internet	10 palabras — < 1%
30	usir.salford.ac.uk Internet	10 palabras — < 1%
31	www.climaterra.org Internet	10 palabras — < 1%
32	www.yumpu.com Internet	10 palabras — < 1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

EXCLUIR CITAS	ACTIVADO	EXCLUIR FUENTES	DESACTIVADO
EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA	ACTIVADO	EXCLUIR COINCIDENCIAS	< 10 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

AGOSTO 14 DE 2020

C. ESTHER DENICE DE LA CRUZ SANTOS
PAS. DE LA LIC. EN GESTIÓN AMBIENTAL
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se les autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LA HUELLA Y EL TAMAÑO CORPORAL DE LOS COCODRILOS DE PANTANO *(Crocodylus moreletii)*"**, asesorado por la Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza y Dr. Pierre Alexandre Rémy Robert Henri Charruau sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz, M. en C. María del Rosario Barragán Vázquez, Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza, M. en C. Liliana Ríos Rodas y M. en C. Adolfo Alan Sánchez Vázquez.

A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA, ACCION EN LA FE

DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR

UJAT
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Licenciatura denominado: **"RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LA HUELLA Y EL TAMAÑO CORPORAL DE LOS COCODRILOS DE PANTANO *(Crocodylus moreletii)*"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 13 de Agosto de Dos Mil Veinte.

AUTORIZO

ESTHER DENICE DE LA CRUZ SANTOS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

DEDICATORIA

A Dios

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la vida y permitirme el llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres

A mi madre que durante cuatro años estuvo conmigo cada mañana para acompañarme, sin importar si estaba cansada ella siempre estaba conmigo. A mi padre quien siempre se ha esforzado por ayudarme a que yo lograra terminar mi carrera, soy muy afortunada de contar con su apoyo y sé que sin ellos quizás no podría haberlo logrado.

No estudio para saber más, sino para ignorar menos

Sor Juana Inés de la Cruz.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

AGRADECIMIENTOS

Me faltan palabras para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, quiero agradecer a mis asesores de tesis Pierre Alexandre Rémy Robert Henri Charruau y Judith Andrea Rangel Mendoza que gracias a sus consejos y correcciones pude culminar este trabajo, al maestro Adolfo Alan Sánchez Vázquez por su apoyo y guía en el análisis estadístico.

Al proyecto FORDECYT 273646 “Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del Usumacinta y zona marina de influencia: Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio”, por financiar este estudio. Y a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (semarnat) por el permiso de colecta otorgado.

Agradezco también al apoyo brindado por parte de la UMA CICEA, gracias al maestro Marco Antonio López Luna por permitirme poder tomar los datos en la UMA, así también a los chicos que están de voluntarios ya que muchos de ellos perdieron clases por apoyarme con la captura de individuos de cocodrilos, así mismo agradezco a Iván Escalona por brindarme su ayuda para la búsqueda de información y apoyo en la toma de fotografías.

Sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

RESUMEN

Las huellas son una herramienta importante para la realización de estudios ecológicos. La información de la distribución de las medidas de una huella es difícil de obtener porque se requiere la captura de los organismos, pero es importante conocerla para el manejo del cocodrilo. Poder estimar el tamaño total sin llegar a la captura del individuo resulta muy importante, en cuestiones de seguridad y bienestar de los animales. Se evaluó la relación entre el tamaño de la huella y variables corporales en *Crocodylus moreletii*. Se evaluaron 70 individuos, 37 machos y 33 hembras, con longitud total entre 0.81 y 3.29 metros, pertenecientes al Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA) (n=65) y la cuenca del Río Usumacinta (n=5), ambos en el estado de Tabasco, México. Los organismos se agruparon según su talla: la clase I de 50 – 139cm (n=42) y la clase II de 140 – 350 cm (n=28). En este estudio se demostró que existe dimorfismo sexual entre machos y hembras con respecto a su longitud total; así también se encontraron diferencias significativas entre sexos en la relación con la longitud total-longitud huella mano derecha (LT-LHMD) y longitud total – longitud huella pata derecha (LT-LHPD). El modelo diseñado en este estudio permite determinar el tamaño de los individuos a partir de la medición de huellas en campo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS IV
RESUMEN V
ÍNDICE DE CONTENIDO VI
ÍNDICE DE TABLAS VII
ÍNDICE DE FIGURAS VIII
I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 3
2.1. Morfometría corporal en cocodrilos 3
2.2. Estimación del tamaño corporal de los cocodrilos 5
2.3. Protocolo de rancheo para el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México 7
2.4. Especie de estudio, *Crocodylus moreletii* 8
III. JUSTIFICACIÓN 10
IV. OBJETIVOS 11
4.1. GENERAL 11
4.2. PARTICULARES 11
V. MATERIALES Y METODOS 12
5.1. Área de estudio 12
5.2. Captura de organismos 13
5.3. Biometría corporal 14
5.4. Análisis de los datos 15
5.5. Elaboración de la herramienta 17
VI. RESULTADOS 18
6.1. Relación entre variables corporales 20
6.2. Diferencia en las variables corporales según el sexo 24
6.3. Herramienta de campo 28
VII. DISCUSIÓN 31
VIII. CONCLUSIÓN 34
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 35

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios realizados para estimar el tamaño corporal total en cocodrilianos 4

Tabla 2. Variables morfométricas a considerar en el análisis de la relación entre el tamaño del cuerpo y la huella en cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) 15

Tabla 3. Relaciones a considerar entre las variables morfométricas 16

Tabla 4. Ecuaciones de regresión entre datos biométricos de las huellas y las variables corporales de *Crocodylus moreletii,* clase I (50 a 139 cm) y II (140 a 350 cm) 21

Tabla 5. Variables morfométricas según el sexo en Crocodylus moreletii, clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm) 25

Tabla 6. Relación entre la longitud total (LT) y longitud de la huella de la pata y mano en Crocodylus moreletii según el sexo 25

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución del cocodrilo de pantano, Crocodylus moreletii. 9

Figura 2. Sitios de estudio para la toma de datos morfométricos del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii). 13

Figura 3. Diferencia entre la longitud de la pata derecha (LPD) y la longitud de la huella de la pata derecha (LHPD) con la longitud total (LT) Crocodylus moreletii. 3a) clase I, 3b) clase II 19

Figura 4. Relación entre variables corporales en Crocodylus moreletii, clase I (50 a 139 cm) 22

Figura 5. Relacion entre variables corporales en Crocodylus moreletii, clase II (140 a 350 cm). 23

Figura 6. Relación de las variables corporales con el sexo en Crocodylus moreletii, clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm) 26

Figura 7. Relación entre la longitud total (LT) – longitud huella pata derecha (LHPD), longitud total (LT) – longitud huella mano derecha (LHMD) en Crocodylus moreletii, clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm) 27

Figura 8. Guía de campo (huella de la pata) 29

Figura 9. Guía de campo (huella de la mano) 30

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

I. INTRODUCCIÓN

Durante las actividades que realizan los animales, éstos van dejando rastros como huellas, excrementos, alimentos roídos y alteraciones en la vegetación, los cuales ayudan a que pueda ser detectada su presencia, así como los lugares donde han pasado. Las huellas de los animales son una importante herramienta para la realización de estudios ecológicos como: la presencia de una determinada especie en algún lugar, también para determinar cómo está usando el hábitat en el que se encuentra, así como para estimar el tamaño del individuo (Navarro y Muñoz, 2000).

Las huellas se distinguen por la forma y tamaño, aunque algunas son relativamente parecidas entre especies. Se ha podido identificar que las huellas de fósiles son una valiosa fuente de datos para los paleontólogos de vertebrados, pues les ha permitido realizar estudios sobre la morfología de diversas especies de animales. Por consiguiente, los estudios basados en diferentes rasgos medidos en las huellas han permitido establecer una diferenciación de géneros y especies diversas, además la determinación del tamaño de los cocodrilos, particularmente de hembras en época de anidación han sido utilizados en diferentes especies como *Alligator sinensis, Caiman latirostris, Crocodylus novaeguineae y Crocodylus porosus* (Thorbjarnarson y Hernández, 1993).

La única dificultad que se experimenta al usar esta técnica es la localización de pistas de calidad mensurables, las cuales dependen en gran medida del sustrato, características y precipitaciones recientes (Platt et al., 1990). Los cocodrilos que atraviesan sustratos no consolidados o excesivamente compactos generalmente producen huellas borrosas que no pueden ser medidas de forma fiable y, por lo tanto, son de poco valor para determinar el tamaño del cuerpo. Es posible llevar a cabo este tipo de medición en cocodrilos porque sus patas traseras tienen una gran proporción del peso corporal, dejando por ello huellas más profundas, lo que hace más fácil la medición de la huella (Hutton, 1987). Es importante resaltar que el error

que puede presentarse en la medición es mínimo porque la longitud de la huella difiere poco de la longitud de la pata (0.1 cm) (Platt et al., 1990). La capacidad para estimar el tamaño del cuerpo de cocodrilos sin llegar a la captura de ellos es una gran ventaja para administradores de la fauna y biólogos por motivos de logística, seguridad y bienestar de los animales, así como también es una herramienta importante para implementar en el protocolo de rancheo para los cocodrilos de pantano ya que permitirá estimar el tamaño de las hembras reproductivas de la población, brindando información para la toma de decisiones en cuanto a la colecta de los nidos.

En este estudio se busca determinar la relación entre el tamaño de las huellas del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) y sus características morfométricas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

II. ANTECEDENTES

Existen estudios en donde se ha utilizado el modelo de estimación del tamaño de los cocodrilos por medio de datos morfométricos, los cuales han sido mayormente realizados en hembras durante épocas de nidación (Casas-Andreu, 2003).

2.1. Morfometría corporal en cocodrilos

Los estudios en donde se han elaborado análisis morfológicos de cocodrilos han sido aplicados durante épocas de nidación, por lo que existe poca información sobre las diferencias entre clases de tamaño y sexos en los cocodrilos (Barrio-Quiroz et al., 2012). La tabla 1 muestra los estudios realizados en donde se han utilizado relaciones longitud pata, longitud total y en algunos casos longitud de la huella para estimar la longitud total de los cocodrilos. Existen fuertes relaciones alométricas positivas entre las medidas de la longitud del cuerpo y otros atributos morfométricos, los cuales proporcionan un medio confiable para estimar la longitud del cuerpo a partir de las huellas, cráneos y partes del cuerpo (Platt et al., 2009). Se han realizado estudios en *C. porosus* donde se busca estimar el tamaño total a partir de cráneos los cuales se obtienen de museos; pero el problema específico de predecir el tamaño corporal de una cabeza o cráneo aislado es tratado por separado y se presentan algunos datos sobre la pérdida proporcional de tejido en la preparación del cráneo (Webb y Messel, 1978).

La distribución de tallas es información útil para el manejo del cocodrilo, pero es difícil de obtener cuando se requiere capturar a los organismos los estudios sobre inferencias demográficas indirectas son menos costosas cuando son realizadas a partir de las mediciones de seguimiento las cuales son valiosas para las decisiones de gestión. Por ejemplo, en el caso del tamaño de caimán puede estimarse con precisión a partir de las medidas de la longitud de la huella en lugares donde la captura y la medición directa no son prácticas (Wilkinson y Rice, 2000).

Tabla 1. Estudios realizados para estimar el tamaño corporal total en cocodrilianos

Especie	Relaciones	Referencia
Crocodylus novaeguineae	Longitud hocico cloacal anterior vs. - Ancho de pata - Ancho mano - Longitud total	Montague, 1984
Crocodylus acutus	Longitud total vs. - Longitud de la huella pata trasera - Longitud pata posterior	Casas-Andreu, 2003
	- Tamaño de la huella pata posterior y tamaño total.	Charruau et al., 2010
Crocodylus moreletii	Longitud hocico-cloacal anterior vs. - Longitud de la pata trasera Longitud total vs. - Longitud de la pata trasera	Platt et al., 2009
	- Longitud de la huella posterior vs. anchura de la huella posterior	Barrios – Quiroz et al., 2012
Caiman crocodilus chiapasius	- Longitud total vs. Longitud pata izquierda - Masa corporal vs. Longitud pata izquierda - Longitud hocico cloacal anterior vs. Longitud pata izquierda	Macip-Rios et al., 2012

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

2.2. Estimación del tamaño corporal de los cocodrilos

El monitoreo de las poblaciones de cocodrilos representa un desafío en el diseño de métodos adecuados que permitan la recolección de datos de calidad; capturar cocodrilos es una tarea difícil, y acumular muestras de gran tamaño requiere mucho tiempo y dinero. Por ello, se han diseñado técnicas para obtener datos de fuentes indirectas tales como colecciones de cráneos, estimación del tamaño corporal de las cabezas observadas durante los estudios nocturnos con focos, el uso de pieles encontradas en los mercados, y el uso de fotografías y huellas (Webb y Messel,1978; Montague, 1984; Platt et al., 2009; Webb et al., 2012; Macip-Rios, et al.,2012). Estas técnicas han sido consideradas la metodología preferida en los planes de monitoreo e incluso se han utilizado para inferir correlaciones con los rasgos del ciclo vital (Wilkinson y Rice, 2000; Platt et al., 2009; Macip-Rios, et al., 2012).

El tamaño del cuerpo, la edad y el sexo son los datos primarios necesarios para desarrollar modelos de crecimiento y modelos demográficos, que son la información básica necesaria para lograr programas exitosos de conservación y manejo de la vida silvestre. Por ello, se han desarrollado varias mediciones indirectas y métodos para evaluar el tamaño del cuerpo en cocodrilos sin capturar a los animales. Dos técnicas que se utilizan comúnmente son la distancia entre el hocico y el ojo (distancia entre la punta del hocico y el ojo) y la distancia entre los ojos (ancho interorbital), comúnmente estimados en los muestreos nocturnos con focos, además del largo y ancho de las huellas (Montague, 1984; Verdade, 2000; Platt et al., 2009).

Para *Crocodylus moreletii* Platt et al., (2009), trabajaron con datos morfométricos de 1276 individuos capturados en el norte de Belice, para desarrollar modelos predictivos del tamaño del cuerpo de los cocodrilos longitud total [LT], longitud hocico-cloaca [LHC] a partir de mediciones de atributos individuales:

- Longitud dorsal craneal [LDC]
- Ancho craneal [AC]
- Longitud de hocico [LH]
- Masa corporal [MC],
- Longitud de la pata trasera [LPT])

Las mediciones de los atributos permiten cuantificar el dimorfismo sexual, examinar los cambios ontogenéticos en la morfología craneal, reevaluar el tamaño máximo del cuerpo alcanzada por esta especie, y la estimación de la biomasa de cocodrilos en el sitio de estudio. Las relaciones alométricas positivas fuertes se encontraron entre las medidas de la longitud del cuerpo y otros atributos morfométricos, lo cual proporciona un medio fiable para estimar la longitud del cuerpo a través de huellas, cráneos y partes del cuerpo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

2.3. Protocolo de rancheo para el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México

El protocolo de rancheo fue establecido en el 2018, donde se incluyen los antecedentes que hay acerca del trabajo con *Crocodylus moreletii* a nivel nacional como internacional, también se detalla la importancia del monitoreo poblacional, así como los métodos para identificar los sitios y la temporada donde se realizaron los muestreos de nidos; se describe también las características de su hábitat y manejo, las cuales permiten conocer el estado de conservación para poder aplicar las actividades de rancheo de nidos del cocodrilo de pantano en el cual se pueda estimar la tasa de aprovechamiento sustentable (Barrios y Cremieux (comp.), 2018).

Lo que se pretende lograr con el protocolo de rancheo es que las comunidades locales mexicanas cuenten con una herramienta para realizar y desarrollar planes de manejo y establecer unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, los cuales permitan obtener beneficios a partir de la conservación y uso sustentable del cocodrilo de pantano. De acuerdo con los objetivos del protocolo de rancheo determinar la relación entre el tamaño de la huella y el tamaño corporal de los cocodrilos de pantano será de gran utilidad para determinar el tamaño de las hembras reproductivas, así como la selección de los nidos colectados, además que la herramienta elaborada servirá para que en campo no sea necesaria la captura del individuo, sino que por medio de la huella se pueda determinar el tamaño del cocodrilo, y así poder ayudar en la conservación de esta especie.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

2.4. Especie de estudio, *Crocodylus moreletii*

Cocodrilo de Morelet, cocodrilo (Belice), cocodrilo del Petén (Guatemala), lagarto negro, cocodrilo de pantano (México), son los nombres comunes para la especie *Crocodylus moreletii*, estos nombres varían de acuerdo a la región en donde se encuentre. Es una de las tres especies de cocodrilos que se distribuyen en México, desde las tierras bajas del Atlántico del Golfo de México (México) y la Península de Yucatán México, hasta Belice y Guatemala (Figura 1) (Platt y Rainwater, 2010). Se distingue de las otras dos especies por su tamaño ya que llega a medir hasta 4.5 m de longitud, posee un color dorsal variable que va de verde a un pardo con manchas amarillentas, posee un hocico ancho y corto con escamas caudales y ventrales uniformes (Álvarez del Toro, 1974; Platt et al., 2010). La especie habita principalmente en zonas de agua dulce como pantanos, ciénagas, estanques, ríos, lagunas y cuerpos de agua artificiales, pero ocasionalmente se encuentra en zonas salobres o hábitats salinos (Platt y Rainwater, 2010).

Los beneficios ecológicos que aporta el cocodrilo de pantano a los ecosistemas en que habitan son de mantenimiento, control y recuperación, por lo que esta especie cumple un papel importante, ya que su presencia y actividades influyen directamente en las poblaciones de las especies que cohabitan en el mismo espacio (de la Huerta et al., 2011).

El aprovechamiento del cocodrilo de pantano en México se ha realizado desde la década de los setentas, bajo un esquema de cría en cautiverio de ciclo cerrado, y a finales del siglo XX bajo la modalidad intensiva de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA). Existen varios ejemplos exitosos de manejo en países como: Estados Unidos, Australia, Argentina, entre otros; que han permitido la recuperación y permanencia de las poblaciones silvestres de diferentes especies de cocodrilianos, a partir de programas coordinados de aprovechamiento extractivo sustentable en el medio silvestre y la protección del hábitat (Barrios y Cremieux, 2018).

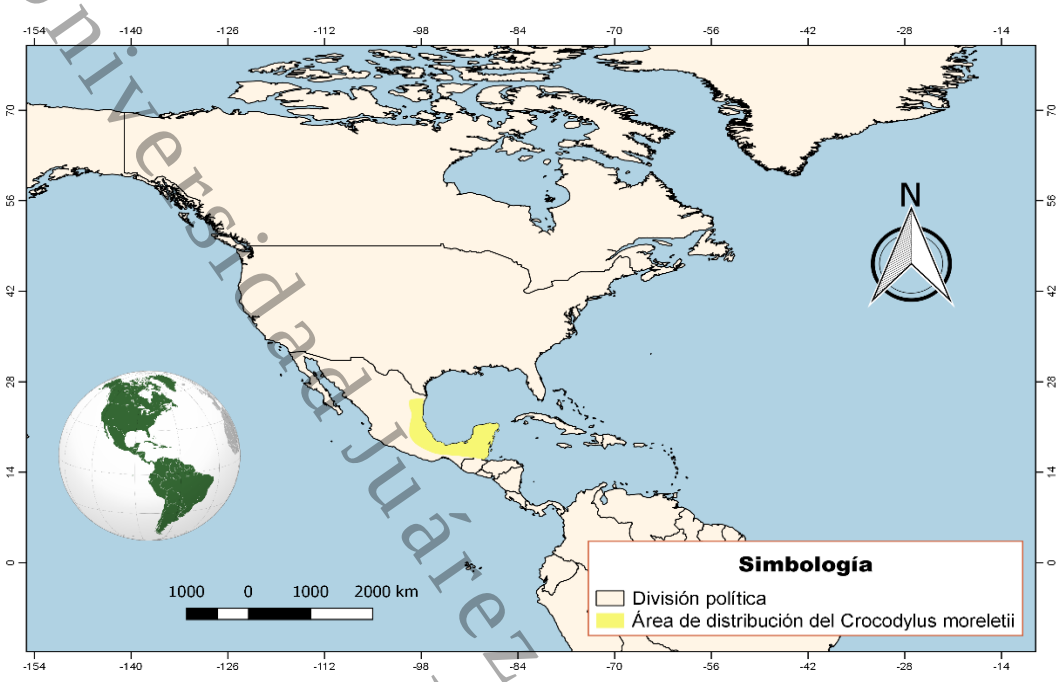


Figura 1. Mapa de distribución del cocodrilo de pantano, *Crocodylus moreletii*.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

III. JUSTIFICACIÓN

Las poblaciones de cocodrilo aportan beneficios ecológicos a los ecosistemas en que habitan, los cuales son: mantener la estructura y función de un ecosistema, mediante la depredación selectiva, el reciclamiento de nutrimentos y el mantenimiento de refugios para la biota acuática, como un depósito de agua durante temporada de sequías, por lo que cumplen un papel importante en el equilibrio del ambiente. Además, aportan beneficios económicos a las poblaciones humanas ya que de estos se aprovecha la piel, carne, grasa, huesos, vísceras, osteodermos, cráneo, colmillos, orina, hemipene y glándulas.

Sin embargo, ante la pérdida de hábitat, la sobreexplotación, y la contaminación urgen alternativas de desarrollo sustentable que permitan cuidar nuestro capital natural, como parte de estas alternativas fue creado el Protocolo de rancheo el cual busca lograr que las comunidades realicen un aprovechamiento sustentable de la especie. Por ello, determinar la relación que existen entre la huella y las características morfológicas contribuirá a mejorar el estudio de las poblaciones de cocodrilos de pantano a través de las huellas presentes en las orillas de los cuerpos de agua en que habitan. Lo cual servirá para definir la estructura poblacional; estimar el tamaño total, evitando la captura del individuo ya que en las hembras en etapa reproductiva se podría causar daño, además de contribuir en la temporada de monitoreo, búsqueda y recolección de los nidos en programas de rancheo. La herramienta será una guía para que en campo no sea necesaria la captura del individuo, sino que por medio de su huella se pueda conocer el tamaño total, ayudando con esto a la conservación de esta especie.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

IV. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Determinar la relación entre el tamaño de las huellas del cocodrilo de pantano *(Crocodylus moreletii)* y sus características morfométricas.

4.2. PARTICULARES

- Determinar y evaluar la relación entre el tamaño de la huella y variables corporales.
- Evaluar las diferencias en las relaciones entre huellas y variables corporales según el sexo.
- Diseñar una herramienta para determinar el tamaño de los individuos a partir de la medición de huellas en campo.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Área de estudio

Los datos se obtuvieron de dos sitios: el Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA) y la cuenca del Río Usumacinta, ambos ubicados en el estado de Tabasco, México (Figura 2).

El CICEA es parte del campus de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, localizado en la carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, entronque a Bosques de Saloya (1989075 latitud norte y 502687 longitud oeste). Es una unidad de manejo que alberga una colonia de *Crocodylus moreletii*, manejada bajo un sistema de crianza semi-intensivo, que sirve de apoyo a la investigación y educación. Los datos tomados en el CICEA fueron complementados con datos obtenidos en la cuenca del río Usumacinta, en los tres sitios siguientes: Emiliano Zapata (1962487 latitud norte y 630570 latitud oeste), Palizada-Jonuta (2002794 latitud norte y 595937 latitud oeste) y Tres Brazos (2033897 latitud norte y 539918 latitud oeste).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

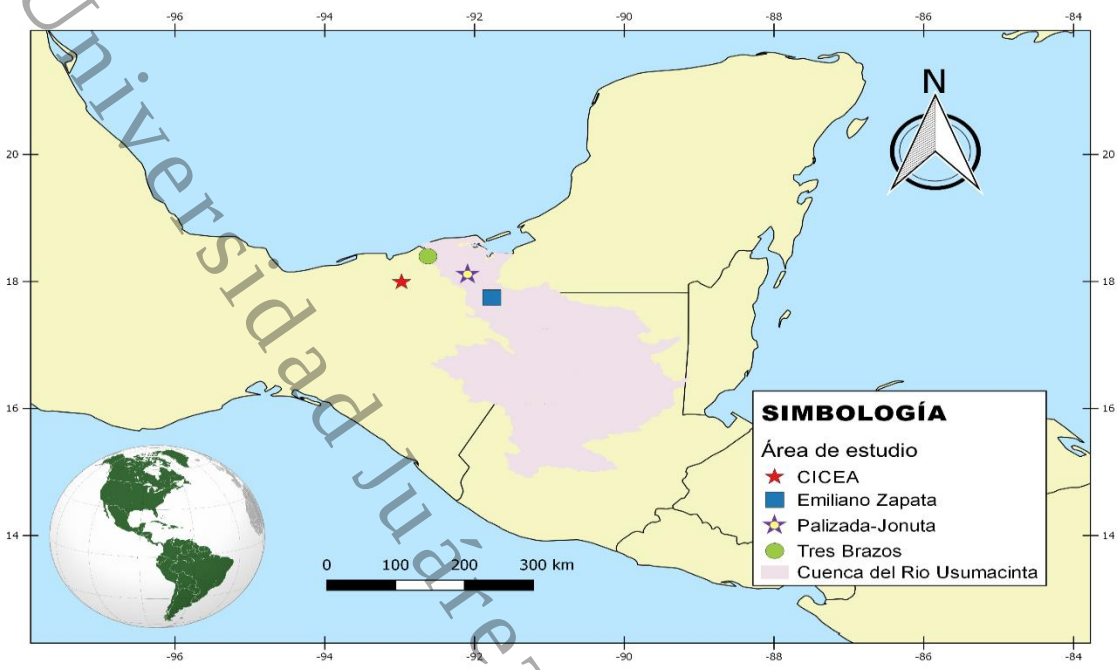


Figura 2. Sitios de estudio para la toma de datos morfométricos del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii).*

5.2. Captura de organismos

Para la captura de los individuos en la UMA CICEA, se utilizó como carnada vísceras de res, una vez cerca el individuo se pasó alrededor del cuello un lazo grueso, y para sujetar el animal, se sacó a tierra para su sometimiento, después se pasó una cuerda por la cola y tiró hacia atrás para inmovilizar al animal. Con movimientos firmes pero precautorios se realizó la monta, en donde dos personas subieron sobre el individuo, la primera persona llego por la cola hasta el primer tercio del cuerpo, para cerrar los ojos con los dedos y apoyar su cuerpo fuertemente para cerrar el hocico; la segunda persona montada coloco hacia arriba las patas traseras y trato de sujetar la cola del individuo. Una vez inmovilizado del hocico, se procedió a sujetar con cuerdas realizando nudos sencillos, de fácil hechura y soltura; se

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
México

cubrieron los ojos del individuo con un trapo húmedo. Terminada la captura del animal y estando sujeto se tomaron las medidas corporales.

La captura de cocodrilos en la cuenca del Río Usumacinta se realizó con el permiso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el oficio número SGPA/DGVS/03983/19. Se realizaron recorridos nocturnos en cada sitio utilizando el método de conteo de cocodrilos por detección visual nocturna; los puntos de muestreo se identificaron con un GPS marcan Garmin Extrex 20. Los recorridos fueron realizados en lancha propulsada con motor con una duración máxima límite de 5 h. El esfuerzo de muestreo se evaluó dependiendo de los individuos observados ya que se recorrió la distancia de los sitios antes del tiempo establecido o en algunos casos se cubrieron las 5 h antes de terminar la distancia. Después de localizar a los cocodrilos, estos fueron capturados con la ayuda de pértigas, lazos y cinta o a mano dependiendo del tamaño del individuo. Una vez capturados se tomaron las medidas corporales.

5.3. Biometría corporal

Los individuos que fueron considerados para la biometría corporal medían 0.5 m de longitud total, a estos individuos se les asigno una marca individual y se determinó el sexo. Posteriormente, se tomó una impresión de las huellas de la pata y mano derecha del animal. Para tal fin, se utilizó arena kinética (Spin Master) en un contenedor rectangular, donde fueron colocadas las extremidades del cocodrilo. Tras una presión de la extremidad, se retiró el recipiente con la arena, y allí se tomaron las medidas indicadas en la tabla 2. Las variables a considerar se establecieron de acuerdo con Platt et al. (2009) en donde se utilizó la relación longitud hocico-cloaca anterior vs. longitud de la pata trasera; longitud total vs. longitud pata trasera. Las medidas corporales se realizaron con una cinta métrica flexible, con precisión de 0.01 m.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Tabla 2. Variables morfométricas a considerar en el análisis de la relación entre el tamaño del cuerpo y la huella en cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*)

Medición	Abreviatura	Descripción	Unidad
Longitud de la mano derecha	LMD	Desde el inicio de la mano hasta el final del dedo más largo sin tomar en cuenta la uña	mm
Longitud de la pata derecha	LPD	Del inicio de la pata hasta el final del dedo más largo sin tomar en cuenta la uña	mm
Longitud de la huella de la mano derecha	LHMD	La impresión que quede en la arena hasta el final de dedo más largo sin medir la uña	mm
Longitud de la huella de la pata derecha	LHPD	La impresión de la pata que quede en la arena hasta el final de dedo más largo sin tomar en cuenta la uña	mm
Longitud hocico-cloacal antes	LHC-anterior	Desde la punta del hocico hasta el inicio del orifico cloacal	mm
Longitud hocico-cloacal después	LHC-después	Desde la punta del hocico hasta el término del orificio cloacal	mm
Longitud total	LT	De la punta del hocico hasta la punta de la cola	mm
Sexo	S	Tacto cloacal	Macho o hembra

5.4. Análisis de los datos

Se realizó una base de datos en el programa Microsoft Excel en donde se concentraron todas las medidas de los individuos capturados, después se importó la base de datos al programa RStudio versión 1.2.1335. Para analizar si hay relación entre variables, se dividieron los datos en dos clases de acuerdo a la longitud total, debido a que la talla de *Crocodylus moreletii,* no se ajustan las clases de tamaño establecidas por Platt y Thorbjarnarson (2000):

- Clase I: 50 a 139 cm
- Clase II: 140 a 350 cm

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Posterior a la clasificación de los datos, se realizó una prueba de t para evaluar la normalidad y homocedasticidad. Además, se elaboraron diagramas de dispersión para explorar las relaciones entre las diferentes variables, para cada clase (Tabla 3), así como entre las huellas. Se instalaron y cargaron los paquetes Ggplot2, tidiverse, foreign y psych del programa R. Para determinar la magnitud de la relación entre variables, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, también se obtuvo el valor P. Se elaboró un modelo lineal para obtener la ecuación correspondiente a cada una de las relaciones. También se realizaron diagramas de cajas para conocer si existe diferencia significativa entre las variables con el sexo, se estimó el promedio y con el comando t.test se comprobó que tan significativa es la diferencia de las variables con el sexo.

Tabla 3. Relaciones a considerar entre las variables morfométricas

Relaciones	
LMD vs. LT	LHC- anterior vs. LHMD
LMD vs. LHC- anterior	LHC- después vs. LHMD
LMD vs. LHC- después	LT vs. LHPD
LMD vs. LHMD	LHC- anterior vs. LHPD
LPD vs. LT	LHC- después vs. LHPD
LPD vs. LHC- anterior	LMD vs. LPD
LPD vs. LHC- después	LT vs. LHC-anterior
LPD vs. LHPD	LT vs. LHC- después
LT vs. LHMD	Relación entre las variables con el sexo

Para analizar si existe diferencia significativa entre sexos, tomando en cuenta huella de la pata/mano con la longitud total se realizó un diagrama utilizando el paquete Ggplot2. Los resultados fueron considerados significativos con $P<0.05$.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

5.5. Elaboración de la herramienta

Para elaborar la herramienta de campo se tomó fotografía a la huella del cocodrilo, en ella se indica la forma en que debe medirse. En el análisis de los datos se empleó la relación LT-LHPD-Sexo, LT-LHMD-Sexo, la cual permite determinar si existen diferencias significativas entre sexos. Después de analizar las diferencias entre sexos, se calculó el coeficiente de correlación lineal (r), y se elaboró la ecuación de regresión y la recta de predicción. Esta ecuación permite generar predicciones del tamaño total a partir de 12cm hasta 30cm de longitud de la huella de pata y mano; en este caso solo se tomó en cuenta la huella de la mano ya que en ocasiones en campo las huellas de la pata no están bien marcadas. Las medidas obtenidas se introdujeron en una tabla la cual se colocó junto a la ecuación y la fotografía de la huella en una hoja tamaño carta y por último se dio formato a la guía de campo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

VI. RESULTADOS

Se tomaron datos morfométricos de 70 individuos de *Crocodylus moreletii,* de los cuales 65 fueron tomados en la UMA CICEA, y 5 en la cuenca del rio Usumacinta, 37 machos y 33 hembras. Las medidas de la longitud total de los individuos oscilo entre 0.81 y 3.29 metros, obteniendo 42 organismos de la clase I (LT=50-139 cm) y 28 individuos de la clase II (LT= 140-350 cm).

La Figura 3a muestra la diferencia que existen entre la LPD-LHPD con la LT; la clase I no presenta ningún patrón de relación, por lo tanto, no existe correlación; en la clase II se observa que la diferencia sigue una distribución negativa.
De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que la clase I no presenta relación con las medidas tomadas (Figura 3a), sin embargo, la clase II muestra una relación negativa con respecto a las medidas tomadas (Figura 3b).

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las relaciones de cada clase de las siguientes variables: LT, LHC-después, LMD, LPD, LHMD, LHPD y sexo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

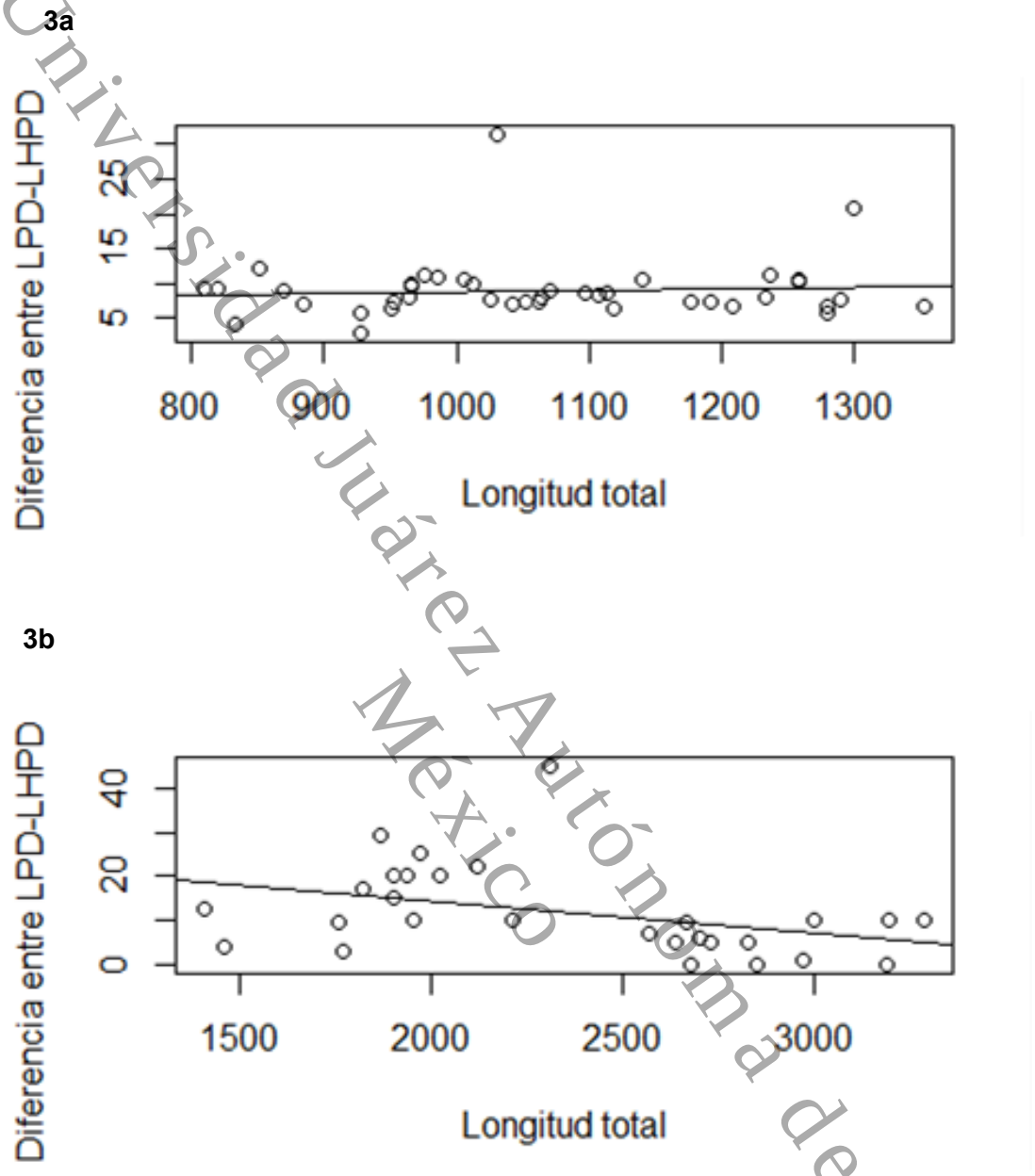


Figura 3. Diferencia entre la longitud de la pata derecha (LPD) y la longitud de la huella de la pata derecha (LHPD) con la longitud total (LT) *Crocodylus moreletii*. 3a) clase I,3b) clase II

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

6.1. Relación entre variables corporales

Con respecto a los resultados obtenidos de las variables corporales se puede observar que la clase I tuvo los valores de asociación más alta, sin embargo, las variables LPD-LHC después obtuvo una relación media (r^2: 0.63) (Figura 4). En la Tabla 4 se muestran las ecuaciones correspondientes a cada una de las relaciones de la clase I. La clase II obtuvo valores de asociación menores a los de la clase I.

La relación LPD-LHC-después de la clase I, tuvo el coeficiente de determinación (r^2) más bajo de 0.63 siendo esta una asociación medianamente alta; las demás relaciones presentaron un coeficiente superior (Figura 4). En la Tabla 4 se muestran las ecuaciones correspondientes a cada una de las relaciones de la clase I. En la clase II, la relación LHPDE-LHC-después presentó un r^2 de 0.47, lo cual indica una baja asociación (Figura 5). Las relaciones que incluyen la variable LHC-después, son las que presentan los valores de r^2 más bajos. Las ecuaciones correspondientes a cada relación de variables de la clase II, se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión entre datos biométricos de las huellas y las variables corporales de *Crocodylus moreletii,* clase I (50 a 139 cm) y II (140 a 350 cm)

Grupo	Variable x	Variable y	Ecuación	r^2	P
Clase I	LMD	LPD	LPD= 2.182LMD – 11.67	0.94	$2.2e^{-16}$
	LMD	LT	LT= 18.65LMD + 169.57	0.73	$1.851e^{-12}$
	LMD	LHC-después	LHC-después=13.98LMD-130.47	0.67	$1.359e^{-11}$
	LHMD	LMD	LMD= 0.714LHMD + 6.14	0.89	$2.2e^{-16}$
	LPD	LT	LPD= 8.07LPD + 312.92	0.68	$5.901e^{-11}$
	LPD	LHC-después	LHC-después=6.11LPD – 28.21	**0.63**	$1.471e^{-10}$
	LHPD	LPD	LPD= 1.001LHPD – 9.191	0.90	$2.2e^{-16}$
	LHPD	LT	LT=9.15LHPD + 129.82	0.81	$2.45e^{-14}$
	LHMD	LHC-después	LHC-después=11.07LHMD+108.08	0.75	$6.198e^{-14}$
	LHMD	LT	LT=293.49LHMD + 13.17	0.65	$3.805e^{-10}$
	LHPD	LHC-después	LHC-después=6.87LHPD – 161.02	0.73	$2.956e^{-13}$
	LHC-después	LT	LT=1.05LHC-despues + 496.30	0.65	$1.307e^{-10}$
Clase II	LMD	LPD	LPD= 1.124LMD + 59.10	0.86	$7.234e^{-11}$
	LMD	LT	LT=14.78LMD + 530.43	0.87	$1.135e^{-13}$
	LMD	LHC-después	LHC-después=11.24LMD – 169.72	0.74	0.00014
	LHMD	LMD	LMD= 1.068LHMD – 21.87	0.96	$2.2e^{-16}$
	LPD	LT	LT= 12.65LPD – 149.24	0.92	$2.456e^{-15}$
	LPD	LHC-después	LHC-después=8.46LPD – 456.46	0.60	0.0083
	LHPD	LPD	LPD=1.051LHPD – 22.69	0.94	$2.2e^{-16}$
	LHPD	LT	LT= 13.37LHPD – 448.97	0.88	$9.379e^{-14}$
	LHMD	LHC-después	LHC-después=11.75LHMD– 380.69	0.68	0.00049
	LHMD	LT	LT=16.22LHMD + 149.29	0.88	$4.367e^{-15}$
	LHPD	LHC-después	LHC-después=8.198LHPD – 501.99	**0.47**	0.044
	LHC-después	LT	LT=0.938LHC-después + 1210.59	0.57	$1.692e^{-06}$

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

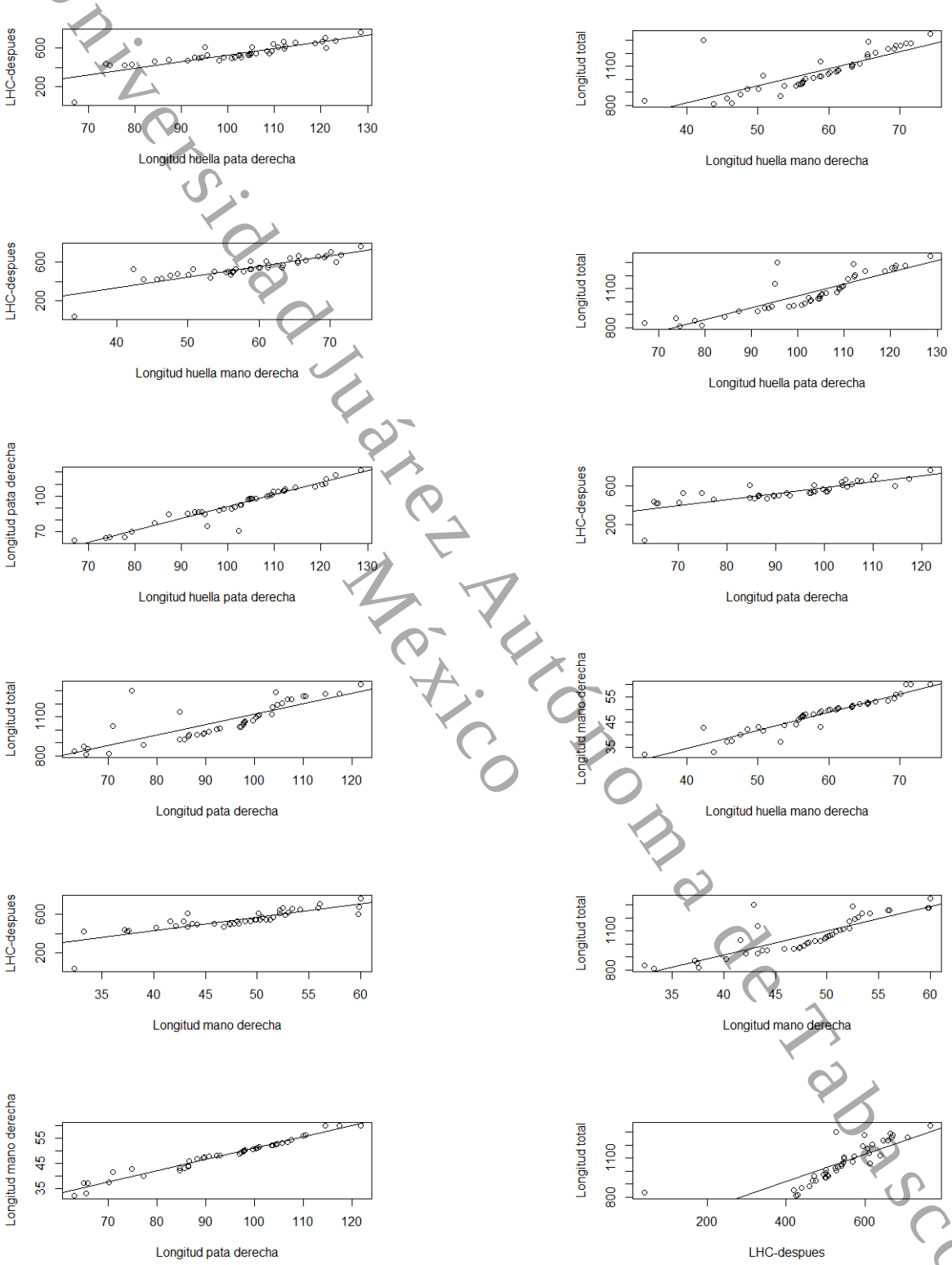


Figura 4. Relación entre variables corporales en *Crocodylus moreletii*, clase I.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

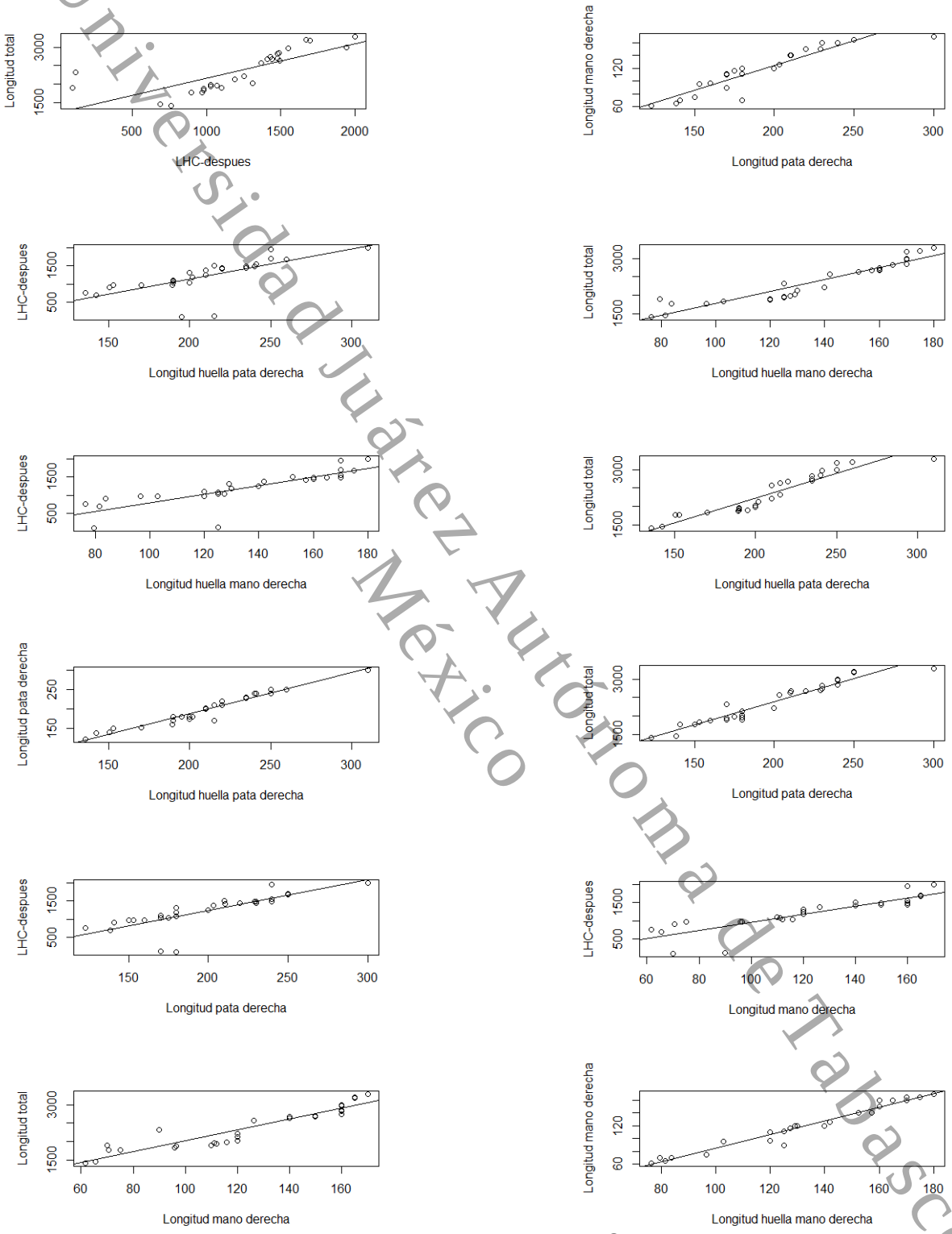


Figura 5. Relación entre variables corporales en *Crocodylus moreletii*, clase II.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

6.2. Diferencia en las variables corporales según el sexo

Los resultados obtenidos con respecto a las variables corporales y el sexo, nos indican que hay dimorfismo sexual en ambas clases en relación a la longitud total (Figura 6); además, se observa que las hembras son más pequeñas en comparación de los machos. Tanto en la clase I como en la clase II, se demostró diferencias significativas entre machos y hembras con respecto a las relaciones LT-LHMD y LT-LHPD (Figura 7). Para ello se compararon las líneas de regresión para las variables métricas de la huella con la longitud total entre sexos, demostrando diferencias significativas entre machos y hembras (Tabla 6). Las huellas de los machos de la clase I, son ligeramente mayores que en las hembras; la huella de la pata de las hembras de la clase II es mayor que la huella de la pata de los machos, pero a medida que va aumentando la longitud total, la huella de la pata de los machos aumenta.

En las relaciones entre las variables corporales con el sexo, se comprobó que existe diferencias fuertes entre machos y hembras de la clase I y II (Tabla 5). Las hembras son más pequeñas en comparación de los machos, existe dimorfismo sexual en ambas clases en relación a la longitud total (Figura 6).

Tabla 5. Variables morfométricas según el sexo en *Crocodylus moreletii*, clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm).

Grupo.	Variable	Media ± Desviación estándar		Prueba t
		Macho	Hembra	
Clase I	LT	1120.97 ± 575.53	1002.29 ± 515.61	P = 0.007
	LPD	99 ± 51.01	86.44 ± 44.72	P= 0.004
	LMD	50.89 ± 26.06	44.77 ± 23.07	P= 0.002
	LHPD	108.40 ± 55.49	95.05 ± 48.95	P= 0.001
	LHMD	62.62 ± 32.06	54.04 ± 28.00	P= 0.001
	LHC-después	580.75 ± 331.76	495.88 ± 265.69	P= 0.01
Clase II	LT	2585.07 ± 1366.55	1980.39 ± 1034.05	P= 0.0008
	LPD	215.21 ± 113.16	169.44 ± 87.92	P= 0.0008
	LMD	137.78 ± 73.69	99.80 ± 53.41	P= 0.001
	LHPD	223.13 ± 116.63	187.34 ± 97.37	P= 0.007
	LHMD	149.14 ± 78.57	114.35 ± 60.47	P= 0.001
	LHC-después	1412.54 ± 756.42	902.30 ± 547.89	P= 0.003

Tabla 6. Relación entre la longitud total (LT) y longitud de la huella de la pata y mano en *Crocodylus moreletii* según el sexo.

Grupo	Variable y	Sexo	Coeficiente de correlación	Prueba t
Clase I	LHPD	Macho	0.93	P<0.001
		Hembra	0.80	
	LHMD	Macho	0.94	P<0.001
		Hembra	0.60	
Clase II	LHPD	Macho	0.85	P<0.001
		Hembra	0.90	
	LHMD	Macho	0.93	P<0.001
		Hembra	0.83	

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

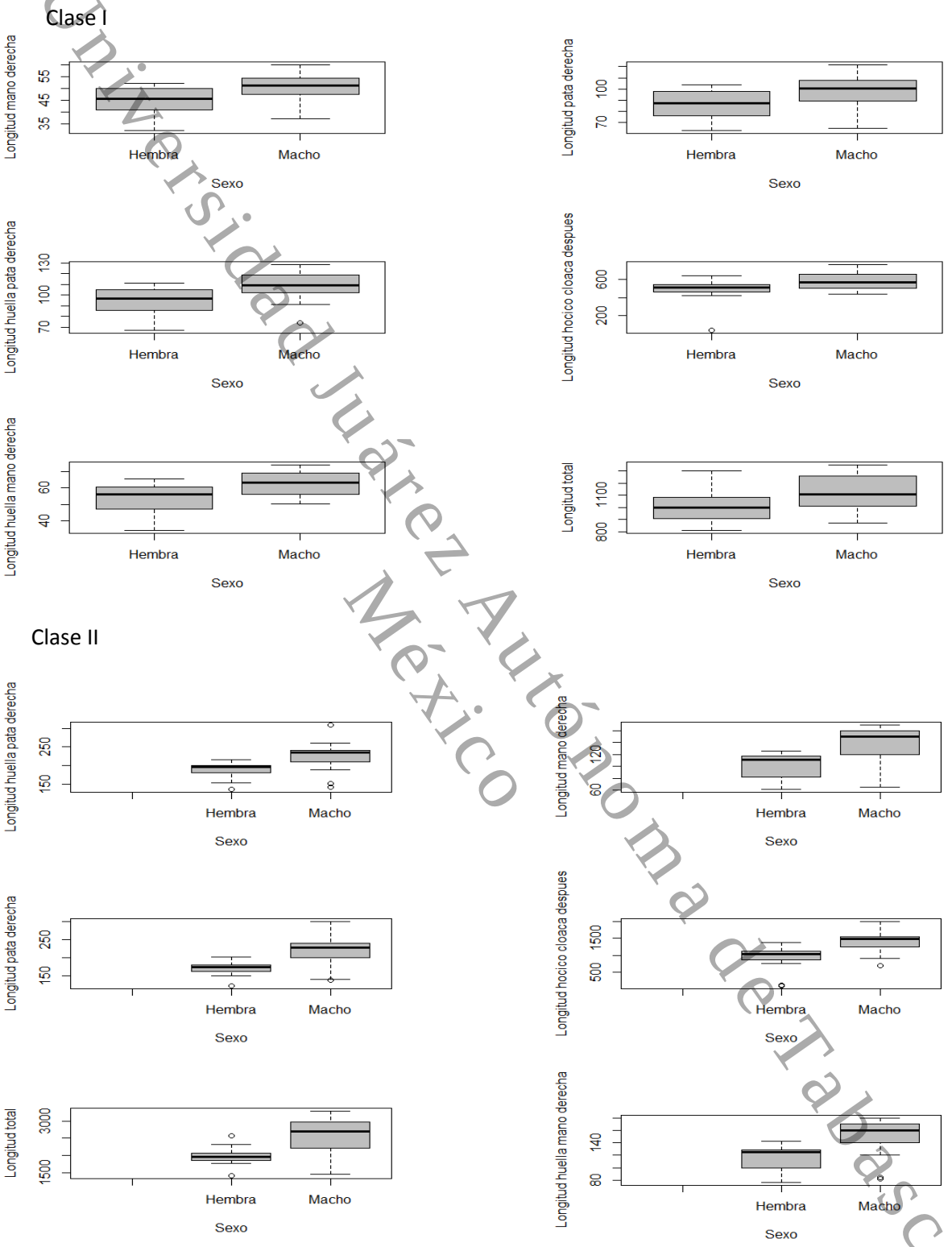


Figura 6. Relación de las variables corporales con el sexo en *Crocodylus moreletii*, clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

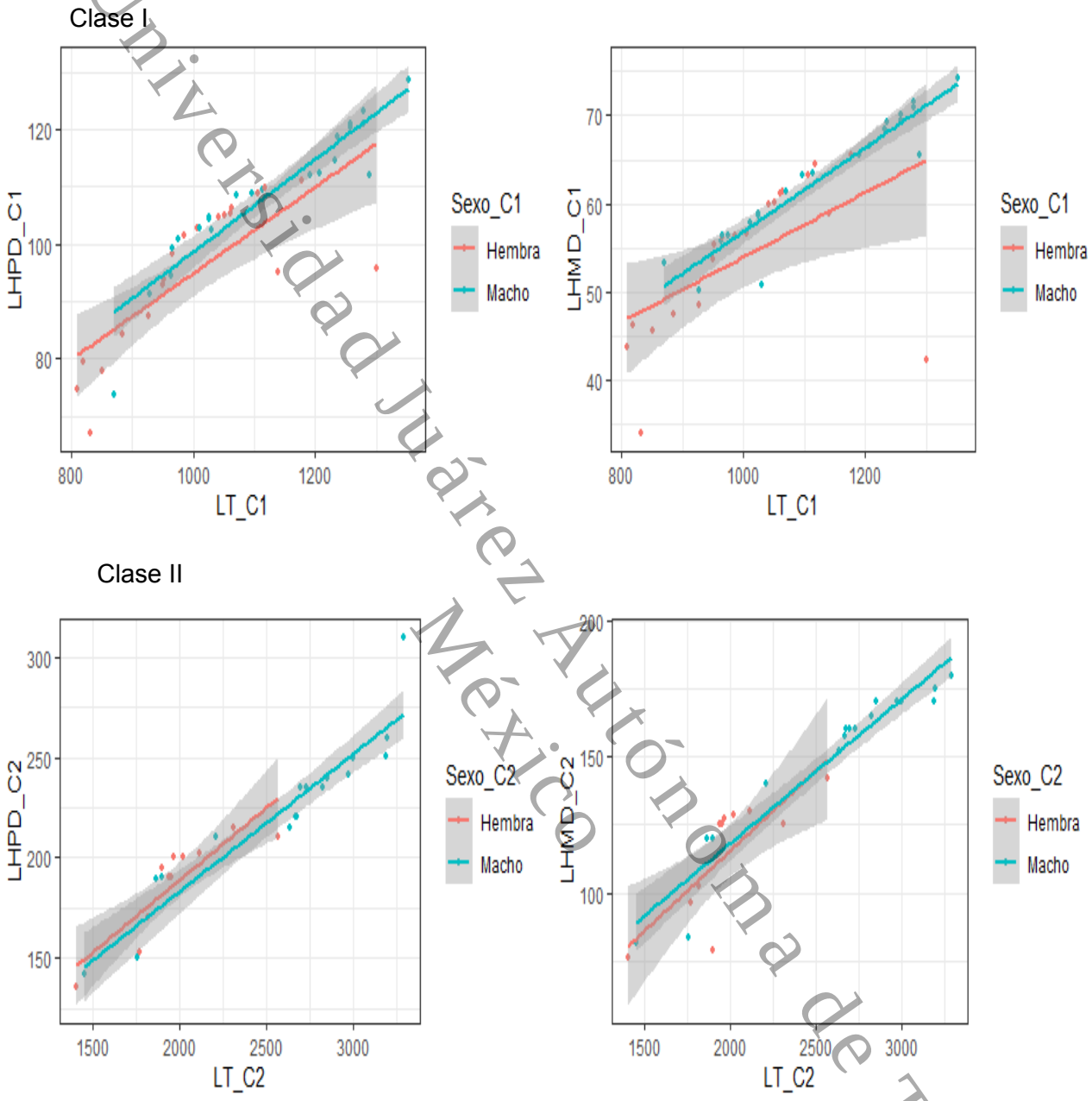


Figura 7. Relación entre la longitud total (LT) – longitud huella pata derecha (LHPD), longitud total (LT) – longitud huella mano derecha (LHMD) en *Crocodylus moreletii,* clase I (50 a 139 cm) y clase II (140 a 350 cm).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

6.3. Herramienta de campo

Para la elaboración de la herramienta de campo, se utilizaron los datos de los 70 cocodrilos evaluados. Se realizaron cuatro tablas, dos para huella de la mano y dos para la pata, de machos y hembras respectivamente (figura 7).

Las variables seleccionadas para diseñar la herramienta de campo, que permiten estimar el tamaño de los cocodrilos a partir de sus huellas fueron LT-LHPD y LT-LHMD; considerando la variable sexo en el análisis pues resultó tener un efecto significativo en el tamaño de las huellas de los cocodrilos.

Las ecuaciones que permiten estimar el tamaño total de un cocodrilo de pantano según el sexo son:

- Hembra

  LT= 15.07 LHM + 21.03 y LT= 10.4481 LHP + 0.790

- Macho

  LT= 17.023 LHM + 5.137 y LT= 12.721 LHP – 25.474

En las figuras 8 y 9 se presenta el diseño final de herramienta de campo.

GUÍA DE CAMPO PARA ESTIMAR LA LONGITUD TOTAL (LT) DE COCODRILOS DE MORELET A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE SUS HUELLAS

CCGS

Este trabajo fue financiado por el proyecto FORDECyT 273646: Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del Usumacinta y zona marina de influencia: Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio.

- La medida se toma desde la parte inicial de la huella hasta la punta del dedo más largo sin tomar en cuenta la uña, la unidad de medida utilizada es en centímetros (cm).

Huella de la pata

Tablas de medidas de estimación de la longitud total

Huella de la pata (hembra)

LT = 10.481 LHP + 0.790

LT= Longitud total (cm)
LHP= Longitud de la huella de la pata (cm)

LHP (cm)	LT-estimada (cm)	LHP (cm)	LT-estimada (cm)	LHP (cm)	LT-estimada (cm)
12	126.56	18.3	192.59	24.6	258.62
12.3	129.70	18.6	195.73	25	262.81
12.6	132.85	19	199.92	25.3	265.95
13	137.04	19.3	203.07	25.6	269.10
13.3	140.18	19.6	206.21	26	273.29
13.6	143.33	20	210.41	26.3	276.44
14	147.52	20.3	213.55	26.6	279.58
14.3	150.66	20.6	216.69	27	283.77
14.6	153.81	21	220.89	27.3	286.92
15	158.00	21.3	224.03	27.6	290.06
15.3	161.14	21.6	227.17	28	294.25
15.6	164.29	22	231.37	28.3	297.40
16	168.48	22.3	234.51	28.6	300.54
16.3	171.63	22.6	237.66	29	304.73
16.6	174.77	23	241.85	29.3	307.88
17	178.96	23.3	244.99	29.6	311.03
17.3	182.11	23.6	248.14	30	315.22
17.6	185.25	24	252.33	30.3	318.36
18	189.44	24.3	255.47	30.6	321.50

Huella de la pata (macho)

LT = 12.721 LHP—25.474

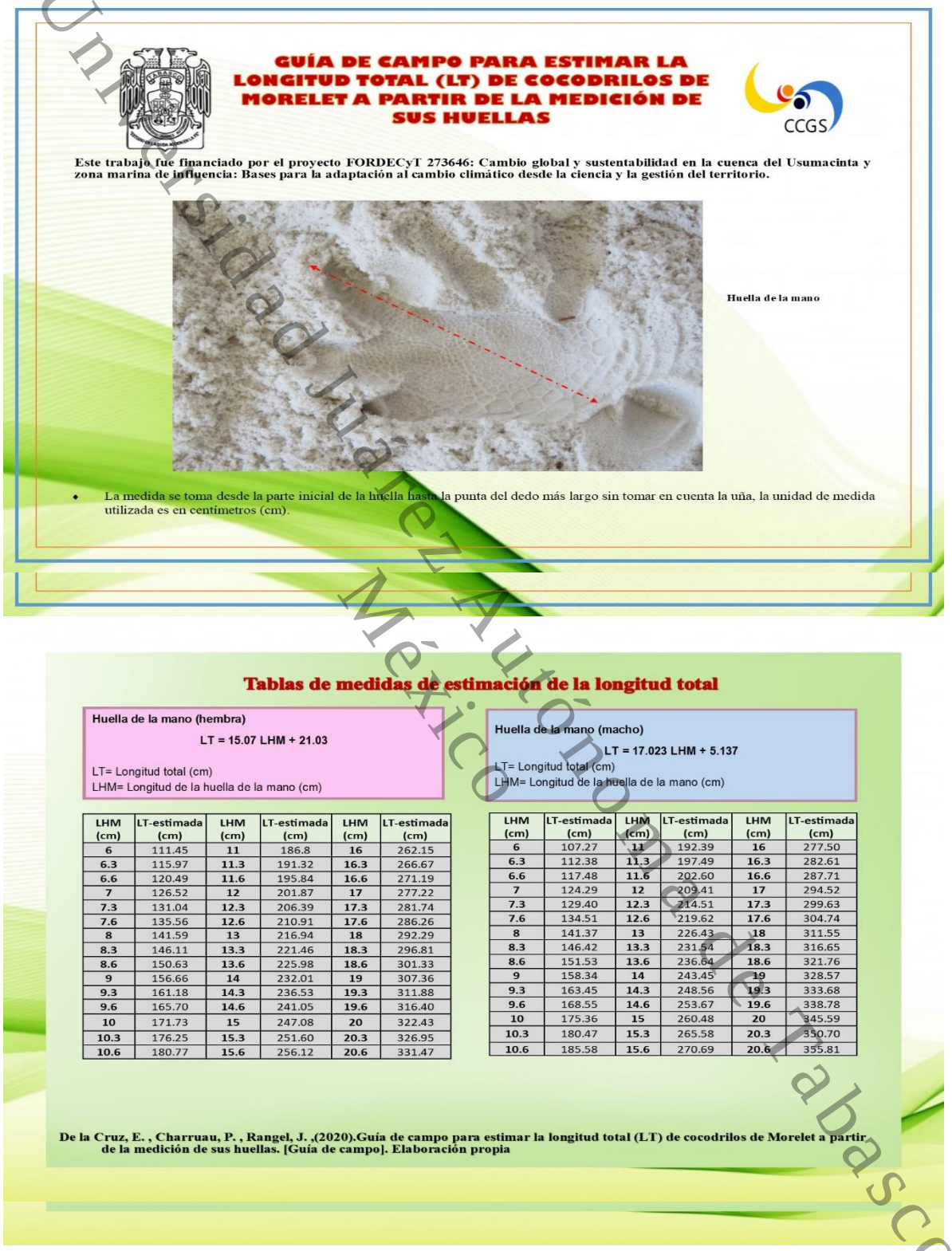
LT= Longitud total (cm)
LHP= Longitud de la huella de la pata (cm)

LHP (cm)	LT-estimada (cm)	LHP (cm)	LT-estimada (cm)	LHP (cm)	LT-estimada (cm)
12	127.17	18.3	207.30	24.6	287.43
12.3	130.98	18.6	211.11	25	292.52
12.6	134.79	19	216.20	25.3	296.34
13	139.88	19.3	220.02	25.6	300.15
13.3	143.70	19.6	223.83	26	305.24
13.6	147.51	20	228.92	26.3	309.06
14	152.60	20.3	232.74	26.6	312.87
14.3	156.42	20.6	236.55	27	317.96
14.6	160.23	21	241.64	27.3	321.78
15	165.32	21.3	245.46	27.6	325.59
15.3	169.14	21.6	249.27	28	330.68
15.6	172.95	22	254.36	28.3	334.50
16	178.04	22.3	258.18	28.6	338.31
16.3	181.86	22.6	261.99	29	343.40
16.6	185.67	23	267.08	29.3	347.22
17	190.76	23.3	270.90	29.6	351.03
17.3	194.58	23.6	274.71	30	356.12
17.6	198.39	24	279.80	30.3	359.94
18	1203.48	24.3	283.62	30.6	363.75

De la Cruz, E. , Charruau, P. , Rangel, J. ,(2020).Guía de campo para estimar la longitud total (LT) de cocodrilos de Morelet a partir de la medición de sus huellas. [Guía de campo]. Elaboración propia

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Figura 8. Guía de campo (huella de la pata).



GUÍA DE CAMPO PARA ESTIMAR LA LONGITUD TOTAL (LT) DE COCODRILOS DE MORELET A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE SUS HUELLAS

CCGS

Este trabajo fue financiado por el proyecto FORDECyT 273646: Cambio global y sustentabilidad en la cuenca del Usumacinta y zona marina de influencia: Bases para la adaptación al cambio climático desde la ciencia y la gestión del territorio.

- La medida se toma desde la parte inicial de la huella hasta la punta del dedo más largo sin tomar en cuenta la uña, la unidad de medida utilizada es en centímetros (cm).

Tablas de medidas de estimación de la longitud total

Huella de la mano (hembra)

LT = 15.07 LHM + 21.03

LT= Longitud total (cm)
LHM= Longitud de la huella de la mano (cm)

LHM (cm)	LT-estimada (cm)	LHM (cm)	LT-estimada (cm)	LHM (cm)	LT-estimada (cm)
6	111.45	11	186.8	16	262.15
6.3	115.97	11.3	191.32	16.3	266.67
6.6	120.49	11.6	195.84	16.6	271.19
7	126.52	12	201.87	17	277.22
7.3	131.04	12.3	206.39	17.3	281.74
7.6	135.56	12.6	210.91	17.6	286.26
8	141.59	13	216.94	18	292.29
8.3	146.11	13.3	221.46	18.3	296.81
8.6	150.63	13.6	225.98	18.6	301.33
9	156.66	14	232.01	19	307.36
9.3	161.18	14.3	236.53	19.3	311.88
9.6	165.70	14.6	241.05	19.6	316.40
10	171.73	15	247.08	20	322.43
10.3	176.25	15.3	251.60	20.3	326.95
10.6	180.77	15.6	256.12	20.6	331.47

Huella de la mano (macho)

LT = 17.023 LHM + 5.137

LT= Longitud total (cm)
LHM= Longitud de la huella de la mano (cm)

LHM (cm)	LT-estimada (cm)	LHM (cm)	LT-estimada (cm)	LHM (cm)	LT-estimada (cm)
6	107.27	11	192.39	16	277.50
6.3	112.38	11.3	197.49	16.3	282.61
6.6	117.48	11.6	202.60	16.6	287.71
7	124.29	12	209.41	17	294.52
7.3	129.40	12.3	214.51	17.3	299.63
7.6	134.51	12.6	219.62	17.6	304.74
8	141.37	13	226.43	18	311.55
8.3	146.42	13.3	231.54	18.3	316.65
8.6	151.53	13.6	236.64	18.6	321.76
9	158.34	14	243.45	19	328.57
9.3	163.45	14.3	248.56	19.3	333.68
9.6	168.55	14.6	253.67	19.6	338.78
10	175.36	15	260.48	20	345.59
10.3	180.47	15.3	265.58	20.3	350.70
10.6	185.58	15.6	270.69	20.6	355.81

De la Cruz, E. , Charruau, P. , Rangel, J. ,(2020).Guía de campo para estimar la longitud total (LT) de cocodrilos de Morelet a partir de la medición de sus huellas. [Guía de campo]. Elaboración propia

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Figura 9. Guía de campo (huella de la mano).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

VII. DISCUSIÓN

Los estudios realizados para estimar el tamaño total en varias especies de cocodrilos, están enfocados a estimar la longitud total de las hembras en etapa reproductiva. Los cuales solo toman en cuenta la huella de las patas traseras, sin embargo, existen ocasiones en las que la huella más viable para medir es la de las manos, las cuales no han sido consideradas en dichos estudios. La estimación del tamaño total del *Crocodylus moreletii* sin llegar a su captura, resulta posible a través de la medición de sus huellas. Lo cual puede ayudar a los objetivos del programa de rancheo para el cocodrilo de pantano en México; pues se demostró con evidencia suficiente que existen diferencias significativas entre las huellas de machos y hembras.

En este estudio se obtuvieron coeficientes de determinación altos entre la longitud corporal y el tamaño de la huella por lo que, de acuerdo con Platt et al., (2009), se demuestra que las medidas de las patas traseras son útiles para determinar el tamaño de cocodrilos especialmente en las hembras en etapa reproductiva.

Las diferencias morfométricas observadas entre las clases de tamaño y sexos en el cocodrilo de pantano son relevantes para la estimación del tamaño corporal. La clase II presentó dimorfismo sexual, los machos son más grandes que las hembras, y se determinó que existen diferencias significativas entre huellas de machos y hembras en ambas clases. La Longitud total está relacionada con casi todas las mediciones corporales registradas, a excepción de la variable LHC-después, la cual mostró un indicador de baja asociación.

Por lo tanto, la medición de las huellas es útil en la determinación del tamaño total de los individuos, y ha sido utilizada en varias especies de cocodrilos (Casas-Andreu 2003; Charruau et al., 2010; Platt et al., 2009; Macip-Rios et al., 2012).

El tamaño de *Crocodylus acutus* a partir de las medidas de las huellas de sus patas traseras ha sido estimada por Casas Andreu, (2003) y Charruau et al., (2010). En cocodrilos de pantano, Barrios-Quiroz et al., (2012), mencionan que no hubo diferencias significativas a nivel de longitud total de los individuos entre sexos para cocodrilos de 150 a 200 cm de LT, y concluyen que no hay dimorfismo sexual. Sin embargo, individuos con una longitud total de 150 a 250 cm la longitud total estaba significativamente relacionada con casi todas las demás medidas del cuerpo. A partir de 250.1 cm de longitud total, no se demostró ninguna relación entre la longitud total y las otras medidas del cuerpo (Barrios-Quiroz et al., 2012), estos datos difieren con nuestros resultados, ya que se encontraron relaciones significativas en cocodrilos de clase II (LT= 140-350 cm) con el tamaño de sus huellas.

En este estudio se encontró inferencia del sexo en la estimación del tamaño corporal del cocodrilo de pantano, en próximos estudios se podría incluir el ancho y la profundidad de las huellas. Pues el peso de cada individuo varía por lo que la profundidad de éstos difiere.

Platt et al., (2009) señalan que debido al tipo de sustrato resulta en ocasiones difícil poder estimar el tamaño total de un cocodrilo a través de su huella. Por lo tanto, tomando en cuenta esta dificultad en próximos estudios sobre esta técnica sería muy útil identificar los tipos de sustratos y la forma en que las huellas quedan impresas.

Las condiciones en cautiverio como: alimento, temperatura y espacio, difieren de las de la naturaleza, el estudio de poblaciones de cocodrilos en cautiverio proporciona información útil sobre cambios morfológicos y adaptaciones ecológicas. Para el cocodrilo de pantano, se ha identificado que las condiciones de cautiverio no afectan la expresión morfológica (Serna-Lagunes et al., 2010; Barrios Quiroz et al., 2012).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Desarrollar modelos de crecimiento y demográficos es de gran importancia para el desarrollo e implementación de programas de conservación y manejo, por lo tanto, una herramienta de campo es útil para la determinación del tamaño total del cocodrilo sin realizar la captura del individuo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México

VIII. CONCLUSIÓN

Se determinó que existe una relación fuerte, entre el tamaño de la huella y las variables corporales en *Crocodylus moreletii*, así también entre la longitud total con las variables corporales en las clases I y II. Estas relaciones hacen posible que se pueda estimar el tamaño total del cocodrilo a través de las diferentes partes del cuerpo. Se comprobaron diferencias fuertes en las relaciones entre las huellas de la mano y la pata con el sexo. Las fuertes relaciones entre las huellas con las variables corporales, permitieron diseñar una herramienta para campo, la cual permite estimar la longitud total del animal a partir de las dimensiones de sus huellas. Incorporar la herramienta de campo en el protocolo de rancheo para México, beneficiará en el manejo sustentable de la especie.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez del Toro, M. (1974). Los crocodylia de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.69-70.

Barrios, G. y J. Cremieux (comp.). (2018). Protocolo de rancheo para cocodrilo de pantano *(Crocodylus moreletii)* en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio), México.

Barrios-Quiroz, G., Casas-Andreu, G., y Escobedo-Galván, A. H. (2012). Sexual size dimorphism and allometric growth of Morelet's crocodiles in captivity. Zoological Science, *29*(3), 198-204.

Casas-Andreu, G. (2003). Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 89, 111-128.

Charruau, P., Thorbjarnarson, J. B., y Hénaut, (2010). Tropical cyclones and reproductive ecology of *Crocodylus acutus* Cuvier, 1807 (Reptilia: Crocodilia: Crocodylidae) on a Caribbean atoll in Mexico. Journal of Natural History, *44*(11-12), 741-761.

de la Huerta, G. N. O., Sánchez. O., López, S. G., Benites, D. H. (2011). *Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) México, Belice, Guatemala* (No. AC/333.95716 P7).

Hutton, JM (1987). Morfometría y la estimación de campo del tamaño del cocodrilo del Nilo. African Journal of Ecology 25: 225 – 230.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Labarre, D., Charruau, P., Platt, S. G., Rainwater, T. R., Cedeño-Vázquez, J. R., y González-Cortés, H. (2017). Morphological diversity of the American crocodile *(Crocodylus acutus)* in the Yucatán Peninsula. *Zoomorphology*, *136*(3), 387-401.

Macip-Rios, R., Fernandez-Aguilar, M., Barrios-Quiroz, G., y Casas-Andreu, G. (2012). Indirect morphological measures to infer body size in a wild population of the Chiapas spectacled caiman, *Caiman crocodilus chiapasius* (Bocourt, 1876). Herpetological Conservation and Biology, *7*(3), 367-375.

Montague, J. J. (1984). Morphometric analysis of *Crocodylus novaeguineae* from the Fly River drainage, Papua New Guinea. Wildlife Research, *11*(2), 395-414.

Navarro, J. F., y Muñoz, J. (2000). Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia-Edición de campo. Editorial Multiimpresos, Medellín.

Navarro, S. C. (2004). "El regreso del *Crocodylus moreletii*, en Reptilia 49: 58-64.

Olsen, P. E., y Galton, P. M. (1977). Triassic-Jurassic tetrapod extinctions: are they real?. Science, *197*(4307), 983-986.

Osborne, P. L. (2000). Tropical ecosystems and ecological concepts. Cambridge University Press.

Platt, SG, CG Brantley, RS Cropanzano, y RW Hastings. 1990. Un método para determinar el tamaño de anidación caimanes femeninos. Boletín de la Sociedad de Vida Silvestre 18: 296 - 298.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Platt, S. G., Rainwater, T. R., Thorbjarnarson, J. B., Finger, A. G., Anderson, T. A., y McMurry, S. T. (2009). Size estimation, morphometrics, sex ratio, sexual size dimorphism, and biomass of *Morelet's crocodile* in northern Belize. Caribbean Journal of Science, *45*(1), 80-94.

Platt, S. G., Rainwater, T. R., Thorbjarnarson, J. B., & Martin, D. (2011). Size estimation, morphometrics, sex ratio, sexual size dimorphism, and biomass of Crocodylus acutus in the coastal zone of Belize. *Salamandra*.

Platt, S. G., Sigler, L., y Rainwater, T. R. (2010). Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii.* Crocodiles: Status Survey and Conservation Action Plan, 79-83.

Serna-Lagunes, R., Zúñiga-Vega, J. J., Díaz-Rivera, P., Clemente-Sánchez, F., Pérez-Vázquez, A., & Reta-Mendiola, J. L. (2010). Variabilidad morfológica y crecimiento corporal de cuatro poblaciones de Crocodylus moreletii en cautiverio. *Revista mexicana de biodiversidad*, *81*(3), 713-719.

Thorbjarnarson, J. B., y Hernández, G. (1993). Reproductive ecology of the *Orinoco crocodile (Crocodylus intermedius)* in Venezuela. I. Nesting ecology and egg and clutch relationships. Journal of Herpetology, 363-370.

Verdade, L. M. (2000). Regression equations between body and head measurements in the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). Revista Brasileira de Biología, *60*(3), 469-482.

Webb, GJW., y Messel, H. (1978). Morphometric analysis of *Crocodylus porosus* from the north coast of Arnhem Land, northern Australia. Australian Journal of Zoology, 26(1), 1-27.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México

Wilkinson, P. M., y Rice, K. G. (2000). Determining the size of *American Alligators* using hind-foot track length. In Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies (Vol. 54, pp. 337-340).

Wu, X. B., Xue, H., Wu, L. S., Zhu, J. L., y Wang, R. P. (2006). Regression analysis between body and head measurements of Chinese alligators (*Alligator sinensis*) in the captive population. Animal Biodiversity and Conservation, *29*(1), 65-71.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México