



## **El Colegio de la Frontera Sur**

### **Condición corporal del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México**

TESIS

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

por:

Fernando González Ávila

2015

*A mis padres*

*A mis hermanos*

*Y especialmente a ti, que te encuentras  
interesado en el estudio de los cocodrilos*

## **Agradecimientos**

La presente investigación, fue una gratificante labor en la que colaboraron numerosas personas. Sin embargo, nada hubiera sido posible sin la participación de mi comité tutelar: Dr. David González-Solís, Dr. José Rogelio Cedeño-Vázquez, Dr. Pierre Charruau y Dr. Felipe Eloy Sosa-Cordero. Sus observaciones y aportaciones, me han permitido crecer como investigador y ser humano. Gracias.

A las instituciones que permitieron la realización de este trabajo: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), por aceptarme en el programa de posgrado, y permitirme el uso de las instalaciones. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por concederme la beca. A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por otorgarnos los permisos de captura. A la Secretaría de Marina, Armada de México (SEMAR), por facilitarnos el uso del muelle del Apostadero Naval Canal de Zaragoza, así como permitirnos la navegación en el área. A la Secretaría de Educación Pública (SEP) quien a través del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) y por medio del Cuerpo Académico “Ecología Costera” (ITCHE-CA-2) del Instituto Tecnológico de Chetumal (ITCH) contribuyeron con el financiamiento del proyecto.

A todas las personas que me ayudaron durante las largas, pero divertidas noches de muestreo: José Rogelio Cedeño-Vázquez, Valentín González-Ávila, Rebeca Rosas-Carmona, Irving Andrés Rosas-López, Abraham Agustín Vargas-Hernández y Reyna Cristina Hernández-Hernández.

Al equipo del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX), por permitirnos el uso de sus instalaciones, y los gratos momentos en campo: M. en C. María del Carmen García-Rivas, M. en C. Jorge Manuel Gómez-Poot, Ing. Felipe Fonseca-Peralta, Biol. Ericka Mariel Hernández-Montenegro, Biol. Carolina Ruiz-Lozano, Biol. Juan Valentín Canul-Kumul.

A las personas que me ayudaron en la identificación del contenido estomacal y los helmintos parásitos gastrointestinales: Dr. David González-Solís, Dra. Martha Elena Valdez-Moreno, Dr. Jorge Correa-Sandoval, Dr. Ramiro Román-Contreras, Dr. José Luis Villalobos-Hiriart, y al M. en C. Jesús Manuel López-Vila.

Al Ing. Roberto Herrera, por su apoyo logístico en campo.

A la MTI Janneth Padilla-Saldívar, por su apoyo en la consulta de ejemplares de la colección de peces y la elaboración del mapa.

Al equipo de la biblioteca: M. en C. Gabriela Zacarías-de-León, José Santos Gómez-Morales y Patricia Vázquez-Zárata.

A la familia Rosas-Carmona, por permitirme el uso de su vehículo, y por su gran amistad.

## Índice

Resumen .....	vii
I. Introducción.....	1
II. Objetivos .....	7
III. Materiales y métodos .....	8
Área de estudio .....	8
Muestreo y obtención de datos.....	10
Condición corporal .....	12
Composición de la dieta .....	15
Helminos parásitos gastrointestinales.....	17
Análisis estadístico.....	18
IV. Resultados.....	20
Factor de condición de Fulton .....	20
Composición de la dieta .....	24
Helminos parásitos gastrointestinales.....	25
Correlaciones del factor de condición de Fulton.....	27
V. Discusión.....	28
VI. Conclusiones .....	39
VII. Literatura citada .....	41
VIII. Anexos.....	54

## Lista de figuras

- Figura 1.** Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Foto: J. R. Cedeño-Vázquez ..... 1
- Figura 2.** Mapa de la zona sur del estado de Quintana Roo donde se ubican las lagunas muestreadas dentro del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak. .... 9
- Figura 3.** Categorización del factor de condición de Fulton.  $K$  = media,  $S_k$  = desviación estándar,  $K_i$  = Valores individuales de  $K$ . .... 14

## Lista de cuadros

- Cuadro 1.** Intervalos de salinidad y temperatura del agua de las lagunas muestreadas ..... 19
- Cuadro 2.** Número de individuos de *C. acutus* capturados en cuatro lagunas costeras del PNAX, durante dos periodos de muestreo (2006 y 2012).  $N$  = número de individuos,  $M$  = machos,  $H$  = hembras ..... 20
- Cuadro 3.** Ajuste de la relación entre las medidas corporales de *C. acutus* con los supuestos del factor de condición de Fulton ( $\sigma = 0$ ;  $\beta = 3$ ). Prueba de hipótesis:  $H_0: \beta = 3$ . Valor de significancia  $p \geq 0.05$  ..... 21
- Cuadro 4.** Número de individuos de *C. acutus* en cada categoría del FCF, por periodo de muestreo ..... 21
- Cuadro 5.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por periodo y sitio de muestreo ..... 22
- Cuadro 6.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por clase de talla y sexo, por periodo de muestreo ..... 22
- Cuadro 7.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por temporada climática, por periodo de muestreo ..... 23
- Cuadro 8.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por intervalo de salinidad, por periodo de muestreo ..... 23
- Cuadro 9.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por intervalo de temperatura del agua, por periodo de muestreo ..... 24
- Cuadro 10.** Valores de frecuencia de aparición, volumen relativo e índice de importancia relativa (IIR) de los grupos de presa consumidos por *C. acutus* en el PNAX ..... 24
- Cuadro 11.** Volumen relativo y prueba  $X^2$  de bondad de ajuste de los grupos de presa consumidos por *C. acutus* en el PNAX, por clase de talla y sexo. \* $p \leq 0.05$ , di = datos insuficientes para comprobar significancia ..... 25

**Cuadro 12.** Parámetros de infección de los helmintos parásitos gastrointestinales de *C. acutus* en el PNAX.....26

**Cuadro 13.** Frecuencia de aparición de los helmintos parásitos gastrointestinales y prueba  $X^2$  de bondad de ajuste de la helmintofauna gastrointestinal presente en *C. acutus* en el PNAX, por clase de talla y sexo. \* $p \leq 0.05$ , di = datos insuficientes para comprobar significancia .....26

**Cuadro 14.** Correlaciones entre *K* y los helmintos parásitos gastrointestinales (global y especies) de *C. acutus* en el PNAX.  $r$  = coeficiente de correlación de Spearman, \*\* $p \geq 0.05$ ...27

**Cuadro 15.** Correlaciones entre *K* y la composición de la dieta (global y grupos de presa) de *C. acutus* en el PNAX.  $r$  = coeficiente de correlación de Spearman, \*\* $p \geq 0.05$  .....27

## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar y evaluar la condición corporal del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en cuatro lagunas costeras del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México. Se utilizó la relación peso-perímetro de la base de la cola para aplicar el factor de condición de Fulton a los datos de 44 cocodrilos obtenidos a partir de una base de datos de 2006 (n = 26) y muestreos en 2012 (n = 18). Se analizó la condición corporal por periodo (2006 vs 2012), sitio de muestreo, clase de talla, sexo, salinidad, temperatura del agua y temporada climática. En general, *C. acutus* presentó una buena condición corporal ( $K = 2.57 \pm 0.66$ ), sin variaciones significativas entre periodos. Se encontraron diferencias significativas entre sexos (2006) y temporadas climáticas (2012). Las hembras y los individuos capturados durante la temporada seca tuvieron los valores más altos de  $K$ . Además, para 2012, se obtuvieron datos de la composición de la dieta y helmintofauna gastrointestinal de los individuos capturados. Los datos de estas últimas dos variables se correlacionaron con la condición corporal para indagar posibles efectos; no se obtuvieron resultados significativos al respecto debido al número de muestras limitado. La composición de la dieta mostró que los peces fueron el grupo de presa más consumido. Se encontraron diferencias significativas en el volumen relativo del contenido estomacal en las clases III (jóvenes) y V (adultos), así como entre sexos. La clase III y los machos presentaron las dietas más variadas. Respecto a la helmintofauna gastrointestinal, se identificaron tres especies: *Dujardinascaris helicina*, *Terranova crocodili* y *Contracaecum* sp. tipo 2; ésta última presentó la mayor abundancia ( $1.94 \pm 0.29$ ) y prevalencia (38.8%). Se observaron diferencias significativas en la frecuencia de aparición de la helmintofauna gastrointestinal; *Contracaecum* sp. tipo 2 fue la más frecuente para la clase III y los machos. El presente trabajo, aporta información de línea base, que puede ayudar al manejo y conservación de *C. acutus*.

**Palabras clave:** Factor de condición de Fulton, composición de la dieta, helmintos parásitos gastrointestinales, *Crocodylus acutus*.

## I. Introducción

El cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) (Fig. 1) es el cocodriliano con más amplia distribución en América (Thorbjarnarson, 2010), y una de las tres especies que habitan en México (Casas-Andreu y Guzmán-Arroyo, 1970). Se distribuye en regiones costeras y prefiere el agua salobre de las desembocaduras de los ríos, lagunas costeras y manglares (Thorbjarnarson, 2010). Es una especie relativamente grande, y aunque los adultos pueden alcanzar 6 m de longitud total (LT) (Ross, 1998), en la península de Yucatán los registros de individuos más de 3 m son escasos (Calderón-Mandujano et al., 2005; Charruau et al., 2005). En temporada de reproducción, *C. acutus* cava sus nidos en la arena y puede depositar de 9 a 60 huevos, dependiendo de la población (Thorbjarnarson, 1989; Casas-Andreu, 2003; Charruau et al., 2010). La eclosión suele ocurrir al inicio de la temporada de lluvias (Casas-Andreu, 2003).



**Figura 1.** Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Foto: J. R. Cedeño-Vázquez.



Como todos los cocodrilianos, *C. acutus* es una especie depredadora clave que regula el ecosistema en el que habita (Mills et al., 1993; Casas-Andreu, 1995), a través de un control *top-down* (Begon et al., 2006). Debido a lo anterior, sus poblaciones pueden ser utilizadas como indicadores de la salud de un ecosistema (Ross, 1998), por lo que es sumamente importante conservar poblaciones saludables de esta especie. Si bien las poblaciones mexicanas de *C. acutus* han sido estudiadas ampliamente, las investigaciones relacionadas con la salud de sus poblaciones son escasas. Los trabajos se han enfocado a su dieta (Casas-Andreu y Barrios, 2003; Gómez-Hernández, 2004; Cupul-Magaña et al., 2008; Villegas y Schmitter-Soto, 2008) y en menor medida a su flora bacteriana (Cupul-Magaña et al., 2005; Charruau et al., 2012) y carga parasitaria (Moravec y Vargas-Vázquez, 1998; Villegas y González-Solís, 2009; Cupul-Magaña et al., 2011; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2011).

Respecto a la dieta de *C. acutus*, las investigaciones se han centrado en poblaciones de Jalisco (Casas-Andreu y Barrios, 2003; Cupul-Magaña et al., 2008) y Quintana Roo (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008). A pesar de las diferencias geográficas, los resultados son similares en cuanto al consumo de tipo de presas por talla: crustáceos para los individuos pequeños y peces para los grandes (Gómez-Hernández, 2004; Cupul-Magaña et al., 2008; Villegas y Schmitter-Soto, 2008). Caso excepcional son los resultados encontrados por Casas-Andreu y Barrios (2003), quienes utilizaron el análisis de excretas para determinar la composición de la dieta, y encontraron que los mamíferos son el grupo más consumido. Sin embargo, sus análisis podrían no reflejar toda la gama de presas consumidas, debido a que las excretas se componen principalmente de material no digerible.

Las investigaciones referentes a la flora bacteriana se enfocaron en las cavidades oral y cloacal, contemplando la posibilidad de que la mordida de *C. acutus* sea séptica, debido a la presencia de ciertas especies de bacterias en la cavidad oral (p. ej. géneros *Escherichia* y *Salmonella*) (Cupul-Magaña et al., 2005; Charruau et al., 2012). En dichas investigaciones, también se encontraron géneros de bacterias que Huchzermeyer (2003) describe como causantes de septicemias (p. ej. géneros *Aeromonas* y *Pseudomonas*) y enfermedades específicas en cocodrilianos (*Salmonella*) (Cupul-Magaña et al., 2005; Charruau et al., 2012). Los estudios de parasitología sólo se han enfocado en la identificación y descripción de los parásitos de *C. acutus* (Moravec y Vargas-Vázquez, 1998; Villegas y González-Solís, 2009; Cupul-Magaña et al., 2011; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2011).

A través de estos primeros estudios (i.e. dieta, flora bacteriana y parasitofauna), se ha comenzado a explorar, de cierta manera, el factor salud de las poblaciones silvestres de *C. acutus* en México. Sin embargo, a pesar del aporte científico sobre el tema, ninguna de las investigaciones antes mencionadas establece el estado de salud de las poblaciones de *C. acutus* estudiadas. El estudio de la salud de las poblaciones de fauna silvestre es importante, debido a que individuos saludables y capaces de reproducirse son esenciales para el buen funcionamiento del ecosistema en el que habitan (Munson y Karesh, 2002). Cabe señalar que un estudio integral de la salud debe constar de la evaluación de varios componentes, entre los que se encuentran, los análisis hematológicos, epidemiológicos, ecotoxicológicos, bacteriológicos, parasitológicos y nutricionales (Jacobson, 2007).

El análisis físico externo es importante y prioritario, debido a que es la primera aproximación que se puede tener del estado de salud de un animal (Padilla-Paz, 2008).

Este primer análisis se puede lograr a través del uso de los índices de condición corporal (ICC), los cuales utilizan medidas morfométricas para evaluar la salud de las poblaciones de animales silvestres (Hayes y Shonkwiler, 2001). Los ICC hacen referencia a la corpulencia relativa que presenta un animal (i.e. estado de reservas energéticas que pueda tener el animal), asumiendo que los animales con buena condición tienen más reservas energéticas que aquellos que tienen una baja condición (Schulte-Hostedde et al., 2005). Estos índices comenzaron a utilizarse en pesquerías para determinar la robustez de los peces (Ricker, 1975; Nash et al., 2006), y posteriormente fueron adoptados, con el mismo fin, en el rubro pecuario (Selk et al., 1988; Tennant et al., 2002). La inclusión de los ICC a las investigaciones de fauna silvestre no son recientes (Mora et al., 1987; Pitcher et al., 2000), pero su uso en poblaciones silvestres de cocodrilianos es relativamente nuevo (Zweig, 2003).

De entre los numerosos ICC que existen (Froese, 2006), el que mejor describe la condición corporal de los cocodrilianos es el factor de condición de Fulton (FCF) (Zweig, 2003), cuya expresión matemática es  $K$ . Si bien no existe ningún estudio al respecto para *C. acutus*, el FCF ha probado ser útil para describir el estado de salud de las poblaciones de *Alligator mississippiensis* (Zweig, 2003; Rice, 2004; Saalfeld et al., 2008; Fujisaki et al., 2009; Mazzotti et al., 2009) y *C. moreletii* (Padilla-Paz, 2008; Cedeño-Vázquez et al., 2011; Mazzotti et al., 2012). Aunado a la descripción del estado de salud, los ICC, y especialmente el FCF, han probado ser herramientas útiles que funcionan como indicadores de variables difíciles de medir, como la nutrición (Padilla-Paz, 2008). Los estudios de Zweig (2003) y Rice (2004) en lagos y pantanos de Florida, lograron relacionar la dieta de *A. mississippiensis* con la condición corporal de la especie. En ambas investigaciones, destacan las diferencias significativas por sitio de

muestreo, lo que indica que la dieta de las poblaciones de *A. mississippiensis* son diferentes entre sitios, lo que afecta la condición corporal y, por consiguiente, la salud de los individuos (Zweig, 2003; Rice, 2004). A pesar de que en cocodrilianos sólo se ha relacionado la condición corporal con la dieta, en los peces se ha observado que la condición corporal se encuentra relacionada con la carga parasitaria de algunas especies (Neff y Cargnelli, 2004), lo cual es un factor importante a considerar para el orden Crocodylia. En México, ningún estudio ha relacionado la condición corporal con otros parámetros de salud (p. ej. dieta y carga parasitaria) de los cocodrilianos.

La creciente preocupación de los biólogos de la conservación por profundizar en las investigaciones de salud en las poblaciones de fauna silvestre (Meine, 2010), la falta de información sobre la salud de las poblaciones silvestres de *C. acutus*, la importancia que esta especie representa para el ecosistema en el que habita (Casas-Andreu, 1995; Ross, 1998), y el estatus actual que presenta la especie en las listas nacionales e internacionales de especies amenazadas (CITES, 2010; Diario Oficial de la Federación, 2010; UICN, 2011), es lo que motivó esta investigación. Por tanto, se propuso obtener y evaluar la condición corporal de *C. acutus* en cuatro lagunas del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) a través del FCF, durante 2012. Adicionalmente, se utilizaron datos morfométricos de *C. acutus* obtenidos de una investigación previa en la misma área de estudio (Villegas, 2006), que se integraron con el FCF; lo anterior con la finalidad de comparar la condición corporal de *C. acutus* en dos periodos de muestreo: 2006 vs 2012.

Al existir información previa sobre la salud, dieta y parasitofauna de *C. acutus* en el estado de Quintana Roo (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008; Villegas y González-Solís, 2009), así como investigaciones que vinculan dichos

aspectos con la condición corporal (Zweig, 2003; Neff y Cargnelli, 2004; Rice, 2004), se determinó la composición de la dieta, así como la abundancia y prevalencia de los helmintos parásitos gastrointestinales de *C. acutus* en el PNAX, para robustecer los resultados del FCF. Además, se midieron parámetros ambientales de salinidad y temperatura del agua en los sitios donde se capturaron cocodrilos, durante las temporadas climáticas de lluvias, nortes y secas; esto con la finalidad de relacionar cambios en la condición corporal de *C. acutus* con las variaciones ambientales y temporales. Esta investigación generó información de línea base para el estudio de la salud de las poblaciones de *C. acutus*, útil para la elaboración de proyectos de manejo de la especie, además de contribuir a los esfuerzos de conservación de la misma.

## II. Objetivos

### *Objetivo general*

Determinar y evaluar la condición corporal del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.

### *Objetivos específicos*

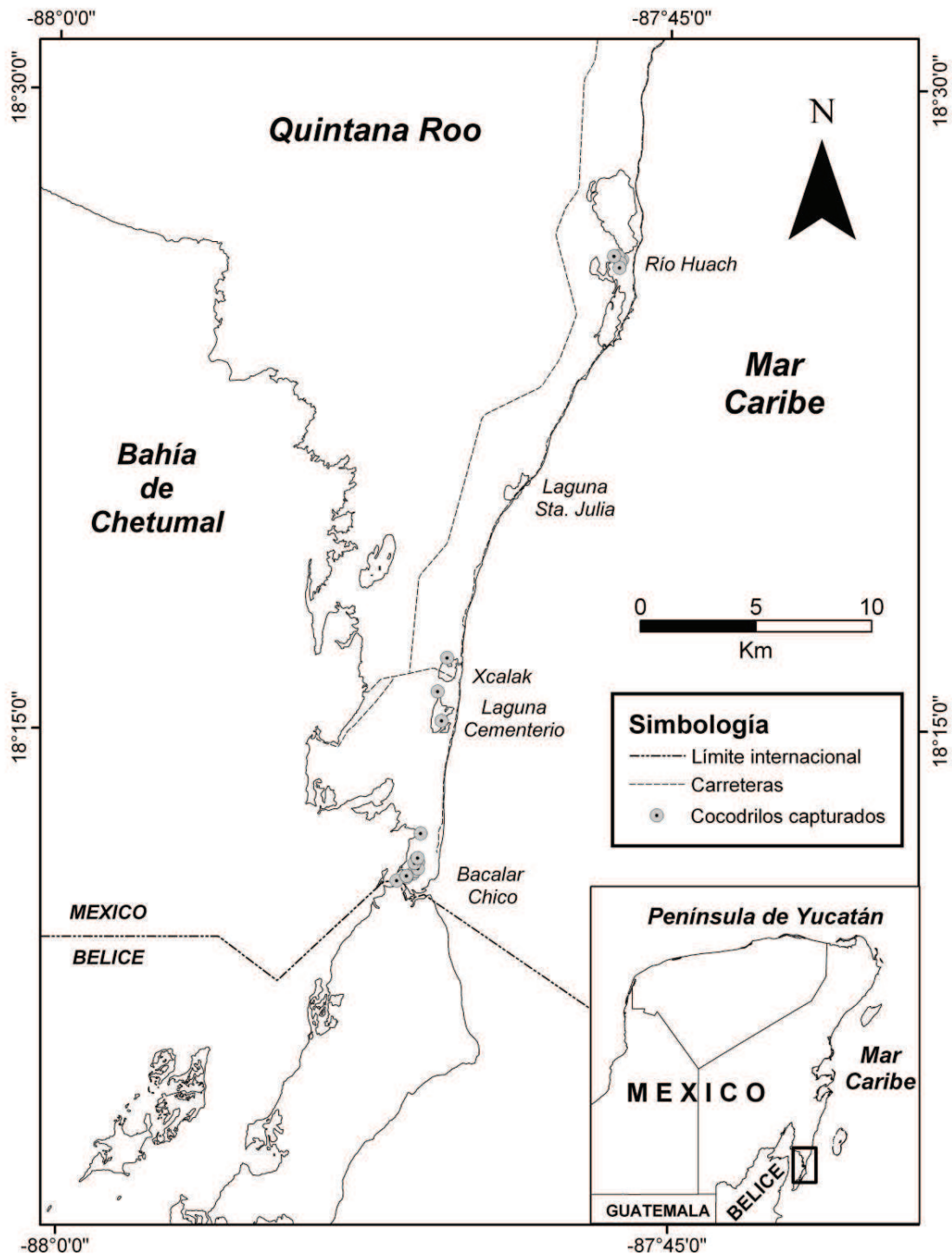
1. Obtener el factor de condición de Fulton ( $K$ ) de *C. acutus* en el PNAX.
2. Comparar el factor de condición de Fulton ( $K$ ) de *C. acutus* en dos periodos de muestreo en el PNAX, por año, sitio, clases de talla, sexo, temporada climática, salinidad y temperatura del agua.
3. Determinar la composición de la dieta de *C. acutus* en el PNAX.
4. Determinar la abundancia media y prevalencia de los helmintos parásitos gastrointestinales de *C. acutus* en el PNAX.
5. Identificar las correlaciones existentes entre la composición de la dieta y los helmintos parásitos gastrointestinales, con respecto al factor de condición de Fulton ( $K$ ).

### III. Materiales y métodos

#### *Área de estudio*

El PNAX se localiza en la costa sur de Quintana Roo, en el municipio de Othón P. Blanco. Sus límites se encuentran definidos hacia el norte por el paralelo 18°30'00"N, al sur por el límite internacional entre México y Belice en el paralelo 18°11'00"N, al este por el Mar Caribe en la isobata de 100 m; y al oeste por la línea que delimita la Zona Federal Marítimo Terrestre. Tiene una superficie de 17,949.456 ha, de las cuales 13,495 corresponden a ecosistemas marinos y 4,543 a humedales, lagunas permanentes y temporales (Diario Oficial de la Federación, 2004).

Para obtener información sobre la población de *C. acutus* en el área de estudio, se realizaron censos en cuatro lagunas costeras permanentes del PNAX (Fig. 2), las cuales se eligieron debido a su accesibilidad, tamaño y la importancia que representan para *C. acutus* (Villegas, 2006). Las lagunas que se censaron fueron Río Huach (18°25'17"N; 87°45'54"O), Xcalak (18°16'41"N; 87°50'8"O), Cementerio (18°15'38"N; 87°50'15"O) y Bacalar Chico (18°12'45"N; 87°50'31"O). La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), emitieron los oficios de autorización SGPA/DGVS/01240/12 y F00.9 DPNA-025/2012, para trabajar en el PNAX. La Secretaría de Marina (SEMAR) autorizó la navegación para realizar los muestreos en el área correspondiente a Bacalar Chico.



**Figura 2.** Mapa de la zona sur del estado de Quintana Roo donde se ubican las lagunas muestreadas dentro del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak. Elaboró: MTI Janneth Padilla-Saldívar.



### *Muestreo y obtención de datos*

Se navegó a través de rutas establecidas en el centro y borde de las lagunas, así como en los canales presentes en algunas de ellas. Los recorridos se llevaron a cabo a bordo de una lancha de aluminio *alumar*® de 14 pies de eslora con motor fuera de borda *Honda*® de 15 hp. Se realizaron ocho muestreos de cinco días a intervalo mensual durante el periodo febrero-septiembre 2012. Los recorridos, observaciones y capturas se llevaron a cabo en noches de luna nueva, iniciando después del ocaso y terminando al finalizar las rutas. Para mantener condiciones comparables entre muestreos, se evitó trabajar bajo condiciones de lluvia, viento fuerte, o baja visibilidad, ya que disminuye la probabilidad de detección de los individuos (Woodward y Marion, 1978; Sigler et al., 2011).

Se utilizó la detección visual nocturna (Escobedo-Galván, 2003), la cual consiste en dirigir el haz de luz de una lámpara, ubicada a la altura de los ojos del observador, de izquierda a derecha, desde la proa de la embarcación. El haz se dirige a los márgenes y centro del cuerpo de agua. La finalidad de dicho método es detectar el reflejo rojizo de la membrana *tapetum lucidum* presente en los ojos de los cocodrilos. Con la ayuda de un equipo portátil de Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) *Garmin*® *GPS 60x*, se registraron las coordenadas de inicio y fin de recorrido, así como los sitios donde se capturaron cocodrilos. Adicionalmente, se tomó la temperatura del agua con un termómetro de mercurio graduado en grados centígrados (° C), así como la salinidad, obtenida a través de un refractómetro portátil *Extech*® modelo RF20, graduado en partes por mil (‰). Ambas mediciones se tomaron

en cada punto de inicio y fin de recorrido, así como en los puntos de captura de los cocodrilos.

Los individuos de *C. acutus* se capturaron directamente con la mano o con lazos de cable metálico y pértigas de aproximadamente 2.5 m de longitud, dependiendo del tamaño y proximidad del individuo. Los cocodrilos se inmovilizaron manualmente, usando cuerdas y bandas elásticas de diferentes tamaños (Domínguez-Laso et al., 2011). A cada cocodrilo capturado se le tomaron las siguientes medidas morfométricas: longitud total (LT), longitud hocico-cloaca (LHC) y perímetro de la base de la cola (PBC); para esto, se utilizó una cinta métrica graduada en mm o un vernier (precisión de 0.1 mm), dependiendo del tamaño del organismo. El sexo de los individuos fue determinado a través de la palpación cloacal o utilizando un rinoscopio (Webb et al., 1984; Ziegler y Olbort, 2007). Finalmente, se registró el peso de los individuos mediante pesolas PESOLA® de diferente capacidad, graduadas en gramos (g) y kilogramos (kg).

Los cocodrilos capturados se marcaron siguiendo el método propuesto por Platt y Thorbjarnarson (1997), el cual consiste en el corte de crestas caudales, que permita la identificación individual en caso de ser recapturados. Los cocodrilos recapturados fueron objeto de mediciones similares a la primera ocasión de captura. Lo anterior se debe a que, entre captura y recaptura, existe un periodo mínimo de un mes, tiempo en el cual la salud del organismo pudo haber cambiado. Los individuos se clasificaron de acuerdo con su LT en cinco clases: clase I: neonatos (LT < 30 cm), clase II: crías (LT 30-60 cm), clase III: jóvenes (LT 60.1-120 cm), clase IV: subadultos (LT 120.1-180 cm), y clase V: adultos (LT > 180 cm) (Cedeño-Vázquez et al., 2006).

### *Condición corporal*

Se utilizó el FCF, notado  $K$ , para determinar la condición corporal de *C. acutus* en el PNAX. El FCF utiliza la relación masa-longitud elevada al cubo, multiplicada por un factor a la  $n$  potencia, para describir la condición de un animal (Ricker, 1975).  $K$  se estima mediante la ecuación:

$$K = W/L^3 * 10^n$$

Donde:

$K$  = Factor de condición de Fulton

$W$  = Peso (g)

$L$  = Longitud (mm)

$n = 2, 3, 4$  ó  $5$

Debido a que  $K$  debe acercarse, en la medida de lo posible, a la unidad,  $n$  puede variar en su valor; para cumplir dicha especificación,  $n$  es una constante de la ecuación del FCF. Este último se fundamenta en que existe una relación de tipo isométrico entre las medidas de masa y longitud; esto es, que la longitud y el peso de un organismo son directamente proporcionales. Lo cuestionable de este índice es que, al suponer un crecimiento isométrico, en la relación peso ( $W$ ) - longitud ( $L$ ) expresada por  $W = \sigma + \alpha * L^\beta$ , el exponente  $\beta$  debe tener valor  $\beta = 3$ , para que  $K$  sea independiente de las medidas corporales usadas. Es decir, este índice es dependiente de la masa y longitud, a menos que se cumplan dos supuestos  $\beta = 3$  y  $\sigma = 0$ . Sigma ( $\sigma$ ) es el intercepto o constante de la regresión masa longitud, y se puede asumir que  $\sigma = 0$ , cuando un animal tiene una

longitud y peso iguales a cero (Hayes y Shonkwiler, 2001); es un concepto teórico que no se suele incluir en la práctica. Sin embargo,  $\beta$  debe calcularse a través de la transformación logarítmica de los datos, lo que requiere obtener la pendiente ( $\alpha$ ) de la relación masa (W) - longitud (L) que se utilice. La ecuación para obtener  $\beta$  es la siguiente:

$$\text{Log } W = \text{Log } \alpha + \beta * \text{Log } L$$

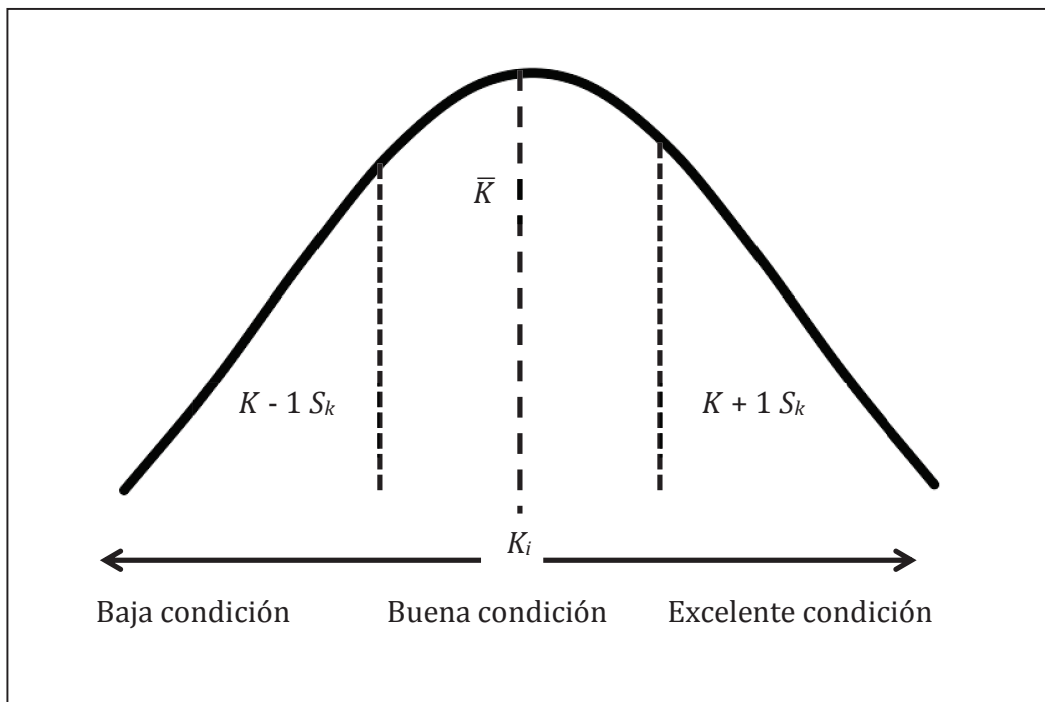
Utilizando las medidas morfométricas de los cocodrilos capturados y de la base de datos de Villegas (2006), se construyó el FCF (Zweig, 2003; Nash et al., 2006). Se obtuvieron las relaciones de masa (peso en g) con los datos morfométricos de la longitud total (LT), longitud hocico-cloaca (LHC) y perímetro de la base de la cola (PBC) (en mm). Se evaluó la factibilidad de construir los FCF para cada una de estas relaciones, siempre y cuando cumplieran con el supuesto descrito ( $\beta = 3$ ) (Hayes y Shonkwiler, 2001). Se estimó  $\beta$  utilizando el modelo de regresión lineal  $y = a + bx$ ; donde  $y$  representa  $\text{Log } (W)$  y  $x$  corresponde a  $\text{Log } (L)$  para obtener el valor de la pendiente ( $\alpha$ ) de cada una de las relaciones propuestas (Hayes y Shonkwiler, 2001). Para determinar que los valores de  $\beta$  de cada relación fueron iguales a tres, se aplicó una prueba de  $t$ , bajo la hipótesis nula ( $H_0$ ) que consiste en  $H_0: \beta = 3$ . Este proceso determinó si los datos de las medidas morfométricas fueron viables para la construcción del FCF.

La categorización del FCF siguió el criterio descrito por Castro-González et al. (2001), el cual describe tres categorías (Fig. 3):

a) Baja condición: cuando el valor  $K_i$  del individuo  $i$  es menor a la media de  $K$ , menos una desviación estándar.  $K_i < \bar{K} - s_k$ .

b) Buena condición: cuando el valor  $K_i$  es igual o mayor al valor anterior, y menor o igual al valor de la media más una desviación estándar.  $\bar{K} - s_k \leq K_i \leq \bar{K} + s_k$ .

c) Excelente condición: el valor de  $K_i$  es mayor a la media más una desviación estándar.  $K_i \geq \bar{K} + s_k$ .



**Figura 3.** Categorización del factor de condición de Fulton.  $K$  = media,  $S_k$  = desviación estándar,  $K_i$  = Valores individuales de  $K$ .

### *Composición de la dieta*

El contenido estomacal de los cocodrilos capturados se obtuvo utilizando la técnica propuesta por Ayarzagüena (1983), en combinación con la maniobra de Heimlich, descrita por Fitzgerald (1989). Se utilizaron tubos de poli-cloruro de vinilo (PVC) de diferentes diámetros, para mantener la mandíbula del cocodrilo abierta. Posteriormente, se insertó una manguera de jardín, previamente cubierta con aceite vegetal comestible, a través del esófago y hasta el estómago. Con ayuda de un embudo, se procedió a introducir agua en el estómago a través de la manguera, hasta que éste se encontró lleno. Una vez lleno, se retiró la manguera y se envolvió el hocico del cocodrilo con tela pañalina, con el fin de retener el contenido estomacal. El individuo se colocó en posición vertical o diagonal, con el hocico hacia abajo, y se procedió con la maniobra de Heimlich, lo cual resultó en la expulsión del contenido estomacal. La técnica se repitió hasta que el individuo sólo expulsó agua, o no más de tres veces, para no dañar al cocodrilo. El agua y parte del contenido estomacal que no fueron retenidos por la tela se colectaron en una cubeta. Las muestras se pusieron en frascos con formalina al 10% para detener la digestión; posteriormente, se colocaron en etanol al 70% para su análisis en laboratorio (Villegas y Schmitter-Soto, 2008). Los frascos fueron etiquetados con el número asignado al cocodrilo de acuerdo con el corte de crestas caudales.

Para el análisis del contenido estomacal, únicamente se tomaron en cuenta las piezas que se consideraron presas. Se establecieron ocho grupos de presas: moluscos, crustáceos, insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Rice, 2004). Las presas se identificaron hasta el menor taxón posible, con la ayuda de claves taxonómicas, guías de campo (Peterson y Chalif, 1973; Howell y Webb, 1995;

Villalobos-Hiriart, 1998; Schmitter-Soto, 1998) y especialistas de cada taxón. Los datos se analizaron para detectar diferencias en la dieta de los cocodrilos por sitio de muestreo, clase de talla y sexo; así como para establecer el porcentaje que ocupa cada grupo de presa en *C. acutus*. Lo anterior se llevó a cabo por medio de la frecuencia de presencia de las piezas de presa, así como del volumen relativo (Rice, 2004; Villegas, 2006).

La frecuencia de presas (F) se obtuvo mediante la ecuación:

$$F = n/t * 100$$

Donde:

n = Número de muestras de contenido estomacal que contiene una pieza de presa dada

t = Número total de muestras de contenido estomacal

El volumen relativo ( $V_i$ ) mide el volumen (ml) que ocupa cada grupo de presa en el estómago de los individuos. Para ello, se midió el volumen de agua desplazado por el contenido estomacal y los diferentes grupos de presa que lo componen. Lo anterior se llevó a cabo con la ayuda de probetas de diferentes capacidades. La relación se expresó en términos porcentuales a través de la siguiente ecuación:

$$V_i = v_i/V_t * 100$$

Donde:

$v_i$  = Volumen ocupado por el i-ésimo componente en una muestra

$V_t$  = Volumen ocupado por todos los componentes de una muestra

Finalmente, se utilizó el índice de importancia relativa (IIR), que permite la cuantificación de un grupo trófico dentro de la alimentación de cada especie (Villegas, 2006), utilizando la siguiente ecuación:

$$IIR = F * V/100$$

Donde:

F = Frecuencia de presas

V = Volumen relativo

### *Helminthos parásitos gastrointestinales*

Durante el proceso de extracción del contenido estomacal, la tela pañalina también funcionó para retener los helmintos parásitos gástricos. Una vez que el contenido estomacal fue colectado, se examinó la tela para recuperar los helmintos, los cuales se aislaron con ayuda de pinzas de punta fina. En un tubo de ensayo se colocó formalina al 4% y se calentó hasta antes del punto de ebullición; posteriormente, fue vertida en una caja de Petri donde se encontraban los parásitos, provocando un choque térmico y distensión de los organismos, lo que facilitó su observación e identificación al



microscopio (Vidal-Martínez et al., 2002). Los helmintos fueron conservados en formalina y etiquetados. En el laboratorio, se procedió a la aclaración e identificación de los parásitos. La aclaración se realizó siguiendo las técnicas descritas por Vidal-Martínez et al. (2002), la cual consiste en colocar a los parásitos entre porta y cubreobjetos e ir añadiendo glicerina en diferentes proporciones. Dependiendo del tamaño de los mismos, este proceso duró desde unas horas, hasta días. Una vez aclarados, se observaron en el microscopio para su identificación, la cual se llevó a cabo utilizando las descripciones hechas por Moravec (2001), Sprent (1977, 1979) y otra literatura especializada.

Con el fin de caracterizar la presencia de los helmintos, se evaluó la prevalencia y abundancia media de los mismos, siguiendo lo propuesto por Bush et al. (1997). La prevalencia representó el número de cocodrilos capturados que se encontraron parasitados por una especie de parásito, dividido entre el número total de cocodrilos que se revisaron, y multiplicados por 100. La abundancia media se obtuvo dividiendo el número de helmintos de una especie, entre el número de cocodrilos que se revisaron (parasitados y no parasitados) (Bush et al., 1997).

### *Análisis estadístico*

Para determinar la posible relación entre las posibles variables explicativas (periodo de muestreo, sitio de muestreo, clase de talla, sexo, temporada climática, salinidad y temperatura del agua) con el FCF, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial de siete vías. Con el fin de considerar como factores las variables continuas temperatura del agua y salinidad, se crearon intervalos que definieron niveles

cualitativos (Cuadro 1). Cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se utilizó una prueba post-hoc de Tukey para determinar dónde se encontraron dichas diferencias. Los valores de la media ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar (DE) se expresaron como:  $\bar{x} \pm DE$ . Para el periodo 2012, se utilizaron pruebas de correlación de Spearman (Fowler et al., 2006) para relacionar la condición corporal con las variables relacionadas con la dieta y los helmintos parásitos gastrointestinales.

**Cuadro 1.** Intervalos de salinidad y temperatura del agua de las lagunas muestreadas.

Intervalo	Salinidad (‰)	Temperatura del agua (° C)
1	9-18	20-25
2	19-28	26-30
3	29-38	31-35
4	39-48	-
5	49-58	-

Se utilizó el estadístico no paramétrico Kruskal-Wallis para analizar diferencias en la composición de la dieta y los helmintos parásitos gastrointestinales por sitio de muestreo, clase de talla y sexo. Siguiendo lo propuesto por Rice (2004) y Villegas (2006), los datos de composición de la dieta se sometieron a pruebas de bondad de ajuste ( $X^2$ ) para comprobar la hipótesis nula de distribución uniforme de los datos del volumen relativo por clase de talla y sexo. Asimismo, la prueba  $X^2$  de bondad de ajuste también se realizó con los datos de frecuencia de aparición de los helmintos parásitos gastrointestinales por clase de talla y sexo. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico *Minitab 15*® (Minitab, 2012).

#### IV. Resultados

En total, se obtuvieron datos de 44 cocodrilos capturados en dos periodos de muestreo (2006: n = 26 y 2012: n = 18) (Cuadro 2). Debido al bajo número de datos para las tallas I (neonatos) y II (crías), todos los análisis estadísticos sólo incluyeron a las clases de talla III (jóvenes), IV (subadultos) y V (adultos). Para el periodo 2012, no se registraron capturas en agosto.

**Cuadro 2.** Número de individuos de *C. acutus* capturados en cuatro lagunas costeras del PNAX, durante dos periodos de muestreo (2006 y 2012). N = número de individuos, M = machos, H = hembras.

Periodo	Sitio	N	Sexo		Clases de talla		
			M	H	III	IV	V
2006	Río Huach	9	0	9	4	5	0
	Xcalak	4	3	1	0	2	2
	Cementerio	11	6	5	5	3	3
	Bacalar Chico	2	2	0	0	1	1
2012	Río Huach	4	2	2	2	2	0
	Xcalak	1	1	0	0	1	0
	Cementerio	2	2	0	2	0	0
	Bacalar Chico	11	9	2	7	1	3

#### *Factor de condición de Fulton*

De las relaciones entre las medidas corporales planteadas: peso-longitud total (W-LT), peso-longitud hocico/cloaca (W-LHC) y peso-perímetro de la base de la cola (W-PBC), únicamente ésta última cumplió con el supuesto ( $\beta = 3$ ) necesario para que el FCF tenga validez (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Ajuste de la relación entre las medidas corporales de *C. acutus* con el supuesto del factor de condición de Fulton:  $\beta = 3$ . Prueba de hipótesis:  $H_0: \beta = 3$ . Se rechaza  $H_0$  si  $p < 0.05$

Relación	B		Prueba de <i>t</i>		
	x	DE			
Peso-Longitud total	2.70	0.52	$t = -3.75$	gl = 43	$p \leq 0.001$
Peso-Longitud hocico/cloaca	2.33	0.57	$t = -7.72$	gl = 43	$p \leq 0.001$
Peso-Perímetro de la base de la cola	3.02	0.50	$t = 0.37$	gl = 43	$p \geq 0.71$

Se calculó el FCF y se obtuvo la media ( $\bar{K} = 2.57$ ) y la desviación estándar ( $s_k = 0.66$ ). La categorización del FCF fue la siguiente: baja condición corporal si  $K < 1.91$ , buena si  $1.91 \leq K < 3.23$  y excelente si  $K \geq 3.23$  (Anexo 1). Para ambos años se registró a la gran mayoría de los cocodrilos en la categoría buena (2006: 92.3%; 2012: 77.8%) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Número de individuos de *C. acutus* en cada categoría del FCF, por periodo de muestreo.

Periodo	Categorías del FCF		
	Baja	Buena	Excelente
2006	1	24	1
2012	0	14	4

Al comparar el FCF entre los dos periodos de muestreo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (ANOVA;  $F_{1,44} = 0.03$ ,  $p = 0.85$ ) entre las medias de 2006 ( $K = 2.47 \pm 0.37$ ) y 2012 ( $K = 2.71 \pm 0.92$ ). Respecto a los valores de  $K$  por sitio de muestreo (Cuadro 5), no se encontraron diferencias significativas entre las mismas lagunas por periodo de muestreo (ANOVA;  $F_{1,44} = 2.13$ ,  $p = 0.12$ ). Sin embargo, destaca el aumento del valor de la media de  $K$  en Bacalar Chico para el periodo 2012, con respecto a 2006. En 2012, se encontraron diferencias significativas entre las

lagunas (ANOVA;  $F_{1,44} = 3.75$ ,  $p = 0.02$ ), principalmente entre Bacalar Chico y Cementerio ( $t_s = -4.47$ ,  $p \leq 0.05$ ) y Río Huach ( $t_s = -3.76$ ,  $p \leq 0.05$ ), puesto que la primera presentó valores de  $K$  más altos que las demás (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por periodo y sitios de muestreo.

Periodo	Sitios			
	Río Huach	Xcalak	Cementerio	Bacalar Chico
2006	2.65 $\pm$ 0.41	2.27 $\pm$ 0.19	2.4 $\pm$ 0.37	2.4 $\pm$ 0.35
2012	2.31 $\pm$ 0.23	2.39 $\pm$ 0	2.01 $\pm$ 0.03	3.01 $\pm$ 1.08

Para las clases de talla, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de  $K$  (ANOVA;  $F_{3,44} = 0.82$ ,  $p = 0.45$ ). Las clases de talla III y IV no presentaron grandes variaciones en sus valores de  $K$  para ambos periodos. Sin embargo, la clase V presentó un aumento notable en 2012, con respecto a 2006. Por otro lado, entre sexos se encontraron diferencias (ANOVA;  $F_{2,44} = 4.5$ ,  $p = 0.04$ ) entre los valores de  $K$  para el periodo 2006 ( $t_s = -3.57$ ,  $p \leq 0.05$ ), presentando las hembras los valores más altos. Con respecto a esta variable, es interesante destacar la inversión de los valores de  $K$  de machos y hembras entre los dos periodos de muestreo (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por clases de talla y sexos, por periodos de muestreo.

Periodo	Clases de talla			Sexo	
	III	IV	V	Macho	Hembra
2006	2.61 $\pm$ 0.52	2.46 $\pm$ 0.28	2.26 $\pm$ 0.18	2.23 $\pm$ 0.23	2.64 $\pm$ 0.37
2012	2.6 $\pm$ 0.6	2.37 $\pm$ 0.16	3.57 $\pm$ 2.01	2.75 $\pm$ 1.02	2.58 $\pm$ 0.56

Para los valores de  $K$  por temporadas climáticas, se encontraron diferencias (ANOVA;  $F_{3,44} = 5.83$ ,  $p = 0.008$ ) entre las temporadas de secas y nortes del periodo 2012 ( $t_s = 2.93$ ,  $p \leq 0.05$ ). Se observó una tendencia hacia el aumento de los valores de  $K$  durante la temporada seca y a su disminución durante la temporada de nortes (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por temporadas climáticas, por periodos de muestreo.

Periodo	Temporadas climáticas		
	Secas	Lluvias	Nortes
2006	2.57 $\pm$ 0.48	2.44 $\pm$ 0.23	2.34 $\pm$ 0.54
2012	3.01 $\pm$ 1.30	2.58 $\pm$ 0.59	2.39 $\pm$ 0.21

Con respecto a los valores de  $K$  por intervalos de salinidad (Cuadro 8) y temperatura del agua (Cuadro 9), no se encontraron diferencias (ANOVA:  $F_{5,44} = 2.69$ ,  $p = 0.06$ ;  $F_{3,44} = 2.80$ ,  $p = 0.07$ , respectivamente). Para ambos periodos, el intervalo de salinidad 3 (29-38‰), y el intervalo de temperatura del agua 2 (26-30° C) fueron los que presentaron los valores más altos de  $K$  (Cuadros 8 y 9).

**Cuadro 8.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por intervalos de salinidad, por periodos de muestreo.

Periodo	Intervalos de salinidad				
	1	2	3	4	5
2006	-	2.4 $\pm$ 0.35	2.52 $\pm$ 0.44	2.51 $\pm$ 0.33	-
2012	2.37 $\pm$ 0.24	-	2.9 $\pm$ 1.66	2.69 $\pm$ 0.52	2.77 $\pm$ 0.75

**Cuadro 9.** Valores del factor de condición de Fulton  $K$ , media  $\bar{K}$  ( $\pm$  desviación estándar  $S_k$ ) de *C. acutus* por intervalos de temperatura del agua, por periodos de muestreo.

Periodo	Intervalos de temperatura		
	1	2	3
2006	2.34 $\pm$ 0.54	2.55 $\pm$ 0.38	2.39 $\pm$ 0.28
2012	-	2.71 $\pm$ 0.92	-

### *Composición de la dieta*

Se realizó el lavado estomacal a 18 cocodrilos, aunque sólo se analizaron 15, ya que tres de ellos (16.6%) no tuvieron contenido estomacal. Los siguientes grupos de presa fueron encontrados: moluscos, crustáceos, insectos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Anexo 2). El cuadro 10 resume los resultados encontrados con respecto a los grupos de presa, en orden decreciente de su índice de importancia relativa (IIR).

**Cuadro 10.** Valores de frecuencia de aparición, volumen relativo e índice de importancia relativa (IIR) de los grupos de presa consumidos por *C. acutus* en el PNAX.

Grupo de presa	Frecuencia de aparición(%)	Volumen relativo(%)	IIR (%)
Peces	53.3	56.82	30.28
Aves	33.3	30.98	10.31
Crustáceos	60.0	5.69	3.41
Mamíferos	6.6	5.42	0.35
Moluscos	13.3	0.54	0.07
Insectos	13.3	0.54	0.07

Al analizar el consumo por clase de talla, la III (jóvenes) y V (adultos) contuvieron más peces, mientras que la IV (subadultos) sólo presentó aves dentro de su dieta. Tanto machos como hembras presentaron porcentajes altos de consumo de peces; sin embargo, se notó una tendencia a un mayor consumo de aves por parte de las

hembras, y de crustáceos para los machos (Cuadro 11). Debido a la insuficiencia de datos por sitio de muestreo, no se realizaron comparaciones de la composición de la dieta entre las lagunas.

No se encontraron diferencias en la composición de la dieta por clases de talla o sexos. La prueba  $X^2$  de bondad de ajuste, indicó que entre las clases III y V existen diferencias en los volúmenes relativos de cada tipo de presa. De igual forma, se encontraron diferencias en los volúmenes relativos de cada tipo de presa por sexos (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Volumen relativo y prueba  $X^2$  de bondad de ajuste de los grupos de presa consumidos por *C. acutus* en el PNAX, por clases de talla y sexo. n = número de individuos, \*p  $\leq 0.05$ , di = datos insuficientes para comprobar significancia.

Grupo (%)	Clases de talla			Sexo	
	III n = 10	IV n = 2	V n = 3	Macho n = 12	Hembra n = 3
<b>Peces</b>	65.18	-	33.33	46.25	65.07
<b>Aves</b>	2.19	100	11.11	12.88	33.55
<b>Crustáceos</b>	22.23	-	24.78	24.39	1.14
<b>Mamíferos</b>	-	-	30.76	7.69	-
<b>Moluscos</b>	0.49	-	-	0.35	0.22
<b>Insectos</b>	10.02	-	-	8.33	-
<b>Prueba de bondad de ajuste</b>					
<b><math>X^2</math></b>	190.92*	500 <sup>di</sup>	67.72*	82.01*	221.74*

#### *Helmintos parásitos gastrointestinales*

De los 18 cocodrilos parasitológicamente analizados, sólo el 50% (n = 9) presentaron al menos una especie de parásito. Se identificaron tres especies de parásitos: *Dujardinascaris helicina*, *Terranova crocodili* y *Contracaecum* sp. tipo 2; todos



pertenecientes al grupo de los Nematoda. *Contraecum* sp. tipo 2 fue el nematodo con la mayor prevalencia y abundancia promedio (Cuadro 12). Se encontraron helmintos parásitos gastrointestinales en cocodrilos de todas las lagunas. Debido a la insuficiencia de datos por sitio de muestreo, no se realizaron comparaciones de la carga parasitaria entre lagunas.

**Cuadro 12.** Parámetros de infección de los helmintos parásitos gastrointestinales de *C. acutus* en el PNAX.

Helminto	N	Prevalencia(%)	Abundancia promedio
<i>Dujardinascaris helicina</i>	4	16.6	0.22 ± 0.03
<i>Contraecum</i> sp. tipo 2	35	38.8	1.94 ± 0.29
<i>Terranova crocodili</i>	16	27.7	0.88 ± 0.12

La prueba  $X^2$  de bondad de ajuste indicó que, al interior de la clase III, existen diferencias en la frecuencia de aparición de los helmintos parásitos gastrointestinales. De igual forma, se encontraron diferencias en la helmintofauna gastrointestinal entre sexos (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Frecuencia de aparición de los helmintos parásitos gastrointestinales y prueba  $X^2$  de bondad de ajuste de la helmintofauna gastrointestinal presente en *C. acutus* en el PNAX, por clase de talla y sexo. n = número de individuos, \*p ≤ 0.05, di = datos insuficientes para comprobar significancia.

Especie	Clases de talla			Sexo	
	III n = 7	IV n = 2	V n = 0	Macho n = 6	Hembra n = 3
<i>Dujardinascaris helicina</i>	4	-	-	4	-
<i>Terranova crocodili</i>	15	1	-	7	8
<i>Contraecum</i> sp. tipo 2	31	4	-	29	6
Prueba de bondad de ajuste					
$X^2$	21.12*	5.2 <sup>di</sup>	-	27.95*	7.42*

### Correlaciones del factor de condición de Fulton

Las correlaciones entre los valores de  $K$  y los helmintos parásitos gastrointestinales (N total y N por especie) y la composición de la dieta ( N total y N por grupos de presa), no mostraron relaciones lineales significativas (Cuadros 14 y 15).

**Cuadro 14.** Correlación entre  $K$  y los helmintos parásitos gastrointestinales (global y especies) de *C. acutus* en el PNAX.  $r$  = coeficiente de correlación de Spearman, <sup>NS</sup> = No significativo.

Categoría correlacionada con $K$	$r$
Helmintos parásitos gastrointestinales	-0.1 <sup>NS</sup>
<i>Dujardinascaris helicina</i>	-0.3 <sup>NS</sup>
<i>Terranova crocodili</i>	-0.1 <sup>NS</sup>
<i>Contraecum</i> sp. tipo 2	-0.12 <sup>NS</sup>

**Cuadro 15.** Correlación entre  $K$  y la composición de la dieta (global y grupos de presa) de *C. acutus* en el PNAX.  $r$  = coeficiente de correlación de Spearman, <sup>NS</sup> = No significativo.

Categoría correlacionada con $K$	$r$
Composición de la dieta	-0.12 <sup>NS</sup>
Peces	-0.3 <sup>NS</sup>
Crustáceos	0.03 <sup>NS</sup>
Aves	-0.02 <sup>NS</sup>
Moluscos	-0.3 <sup>NS</sup>
Insectos	-0.04 <sup>NS</sup>
Mamíferos	0.21 <sup>NS</sup>

## V. Discusión

Los estudios sobre las poblaciones de *C. acutus* en el PNAX han presentado las tasas de captura más bajas en Quintana Roo (Cedeño-Vázquez et al., 2006; Villegas, 2006). En la presente investigación se obtuvo un tamaño de muestra ( $n = 18$ ) similar al reportado por Cedeño-Vázquez et al. (2006) ( $n = 19$ ), aunque por debajo del tamaño de muestra que reportó Villegas (2006) ( $n = 26$ ). La estructura de la población se conformó por individuos de las clases III (jóvenes) (61.1%), IV (subadultos) (22.2%) y V (adultos) (16.6%); lo que contrasta con los resultados de Villegas (2006), quien para las mismas lagunas del PNAX, reportó una estructura de la población formada por las clases III (34.6%), IV (42.3%) y V (23.07%). Cedeño-Vázquez et al. (2006) mencionan que la clase IV fue la más frecuente en el área, posiblemente debido a los pocos sitios para anidación, lo que disminuye la posibilidad de observar tallas pequeñas. Sin embargo, independientemente de la causa (reproducción ó migración), la tendencia actual de la estructura de la población de *C. acutus* en el área sugiere que nuevos individuos están siendo reclutados a la población constantemente.

Con respecto a la condición corporal, sólo la relación W-PBC cumplió el supuesto del FCF ( $\beta = 3$ ). Esta relación, así como la de peso-pliegue de grasa (W-PG), han sido previamente usadas con éxito para estimar la condición corporal de *C. moreletii* (Padilla-Paz, 2008; Cedeño-Vázquez et al., 2011), debido a que ambas se relacionan con la acumulación de grasa (energía) en los cocodrilianos. La relación W-PG no fue tomada en cuenta en este estudio, porque el pliegue de grasa es característico de animales grandes, e históricamente los registros de LT de *C. acutus* en el PNAX no sobrepasan los 3 m (Villegas, 2006). Por su parte, el uso del PBC permite incluir clases

de talla de menor tamaño (neonatos y crías). Por otro lado, a pesar de que las relaciones de W-LT y W-LHC se han usado frecuentemente para determinar la condición corporal en cocodrilianos (Zweig, 2003; Rice, 2004), en el presente estudio no fueron útiles para estimar la condición corporal. Lo anterior se justifica debido a que las medidas de longitud (LT y LHC) se encuentran estrechamente relacionadas con el peso (W); esto es porque dichas medidas son directamente proporcionales entre sí, lo cual contradice los supuestos establecidos por el FCF (Hayes y Shonkwiler, 2001; Barboza et al., 2009). Adicionalmente, el apetito de los cocodrilianos juega un papel importante en las medidas de LT, LHC y peso; puesto que éste es afectado por temperaturas muy bajas o muy elevadas, con lo que su alimentación, y por ende su crecimiento y aumento de peso, son afectados en temporadas climáticas extremas (Huchzermeyer, 2003). A diferencia de la LT y LHC, el crecimiento del PBC no está sujeto a tantas limitantes, pues sólo refleja la grasa acumulada.

Las comparaciones del FCF entre 2006 y 2012 mostraron que, en general, la condición corporal de los individuos de *C. acutus* en el PNAX es buena, lo cual es reflejo de la capacidad de los cocodrilos para asimilar y almacenar grasa, gracias a una dieta balanceada (Huchzermeyer, 2003; Padilla-Paz, 2008). Aunado a la dieta, se ha comprobado que diversos factores ambientales (temperatura del aire y agua, salinidad y profundidad del cuerpo de agua) pueden generar condiciones de bajo estrés en los cocodrilos, lo que favorece su desempeño y eficiencia para cazar, permitiéndoles alcanzar condiciones corporales óptimas (Fujisaki et al., 2009; Mazzotti et al., 2009, 2012). El bajo número de capturas de cocodrilos con baja condición (2006, n = 1), así como el relativo aumento de cocodrilos en excelente condición entre los dos años de muestreo (2006, n = 1; 2012, n = 4) sugiere una ligera mejora en la condición corporal

de *C. acutus*. Lo anterior puede deberse a que las lagunas del PNAX son ambientes relativamente bien conservados que ofrecen una amplia disponibilidad de presas (Villegas, 2006). Además, los factores que producen estrés, como el hacinamiento (Huchsermeyer, 2003; Padilla-Paz, 2008) y las actividades antropogénicas intensivas (p. ej. pesca y turismo) que pueden disminuir la condición corporal de *C. acutus*, son prácticamente inexistentes.

Las características ecológicas similares de las lagunas muestreadas son probablemente las causas principales de que no haya diferencias estadísticamente significativas en la condición corporal de los cocodrilos entre sitios de muestreo. Todas las lagunas presentaron el mismo tipo de vegetación (manglar), la cual es usada por *C. acutus* como refugio y sitio de caza. De igual forma, en cada una de ellas se pueden encontrar las mismas presas potenciales de *C. acutus* (p. ej. *Panoplax depressa*, *Cyprinodon artifrons*, *Phalacrocorax auritus* y *Anas discors*, entre otras) (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996; Villegas, 2006; Villegas y Schmitter-Soto, 2008). Por lo anterior, se espera que ambientes similares conlleven a una condición corporal similar (Padilla-Paz, 2008). El aumento registrado en la condición corporal de los individuos de Bacalar Chico en 2012 con respecto a 2006, y las diferencias encontradas en el periodo 2012 entre Bacalar Chico y las lagunas de Cementerio y Río Huach, fue debido a que todos los cocodrilos de la clase V (adultos), quienes presentaron los valores más altos de  $K$  ( $3.57 \pm 2.01$ ), fueron capturados en esta laguna, lo cual se reflejó como un incremento general en la condición corporal de todos los individuos de la laguna. Se descartó el tamaño de muestra como factor determinante para explicar las diferencias en la condición corporal entre lagunas, debido a que la condición corporal de los individuos de la laguna Cementerio es muy similar entre periodos, aún cuando el número de

individuos capturados es muy diferente (2006,  $K = 2.4 \pm 0.37$ ,  $n = 11$ ; 2012,  $K = 2.01 \pm 0.03$ ,  $n = 2$ ).

Respecto a la condición corporal por clase de talla, los resultados sugieren que el almacenamiento de grasa es uniforme entre los organismos, independientemente del tamaño, como se ha observado en *A. mississippiensis* (Rice, 2004). Varios autores afirman que en los cocodrilianos el cambio en la composición de la dieta, y por ende en el almacenamiento de grasa y la condición corporal, es más notorio en la transición entre crías y jóvenes (Delany y Abercrombie, 1986; Thorbjarnarson, 1993, Gómez-Hernández, 2004), debido al aumento en el tamaño del cráneo, el cual les permite capturar e ingerir presas más grandes (Tucker et al., 1996). Sin embargo, debido a que en este estudio no se capturaron individuos de las clases I (neonatos) y II (crías), no fue posible observar dichos cambios. Un incremento en la condición corporal fue registrado en los individuos de la clase V (adultos) del periodo 2012 con respecto a 2006. Esto puede explicarse porque generalmente en cocodrilianos las clases de talla grandes suelen ser las que habitan las áreas con las mejores condiciones ambientales (p. ej. mayor profundidad del cuerpo de agua para evitar condiciones de calor extremas), las cuales suelen tener también la mayor disponibilidad y abundancia de presas (Mazzotti et al., 2012). Lo anterior es posible gracias a que su tamaño y territorialidad les confiere la capacidad de permanecer en dichas áreas.

En cuanto al sexo, las diferencias encontradas en 2006 contradicen a los autores que sostienen que la condición corporal de los cocodrilianos no es influenciada por este (Padilla-Paz, 2008; Fujisaki et al., 2009; Cedeño-Vázquez et al., 2011; Mazzotti et al., 2012), puesto que la dieta tanto de machos y hembras de *C. acutus* es similar (Casas-Andreu y Barrios, 2003; Gómez-Hernández, 2004; Cupul-Magaña et al., 2008). Si bien,

la dieta y el valor nutricional de las presas consumidas pueden jugar un papel importante para explicar diferencias entre sexos (Rice, 2004), los resultados de Villegas (2006) muestran que en general machos y hembras tuvieron una dieta con porcentajes de grupos de presa similares; por lo que en este caso no es posible asociar la condición corporal de los sexos con la dieta. Sin embargo, analizando los datos de capturas de 2006, se encontró que en la clase V únicamente se presentaron machos, los cuales presentaron la condición corporal más baja, lo cual pudo afectar el resultado del análisis estadístico. Por otro lado, las hembras capturadas pertenecieron a las clases de talla III y IV, las cuales, de acuerdo con los resultados de composición de la dieta reportados por Villegas (2006), presentaron los mayores porcentajes de consumo de grupos de presa. En otras palabras, los resultados de la condición corporal entre sexos, en el periodo 2006, se vieron influenciados por la clase de talla a la que pertenecieron los mismos.

En relación con la salinidad, se ha demostrado la capacidad de *C. acutus* para tolerar y sobrevivir en ambientes marinos e hipersalinos, viéndose afectada su condición corporal de manera significativa sólo en tallas pequeñas (Ellis, 1981; Taplin et al., 1982; Mazzotti et al., 1986; Richards et al., 2004). Por lo anterior, es comprensible que ambientes con agua salobre como las lagunas muestreadas no hayan tenido mayor impacto sobre la condición corporal de los cocodrilos capturados. Por otro lado, con respecto a la temperatura del agua, si se ha visto una influencia por parte de esta en la condición corporal de los cocodrilianos. Mazzotti et al. (2012) indicaron que la condición de *C. moreletii* se ve influenciada en un 20% por la interacción entre la temperatura (del agua y aire) con los niveles de profundidad del cuerpo de agua, concluyendo que la condición corporal de *C. moreletii* aumenta con temperaturas cálidas y bajas

profundidades. Así pues, dado que los muestreos realizados en el PNAX se realizaron en su mayoría durante la temporada de clima cálido (secas) y las lagunas muestreadas son en general poco profundas, es comprensible que la homogeneidad de estos factores no hayan permitido observar variaciones que indicaran una influencia significativa en la condición corporal.

Finalmente, las diferencias en la condición corporal entre la temporada de secas y nortes del periodo 2012, así como el patrón general observado en la tendencia de la condición corporal a disminuir durante la temporada de nortes, y a crecer durante la de secas, se pueden explicar a través de cómo afectan a *C. acutus* las interacciones de todas las variables físicas (p. ej. humedad, temperatura del agua y del aire, salinidad, profundidad) que se presentan durante determinada temporada climática (Fujisaki et al., 2009; Mazzotti et al., 2012). La afectación de dichas variables en la condición corporal de *C. acutus*, podrán ser tanto directas (p. ej. inactividad por bajas temperaturas) como indirectas (p. ej. dispersión de las presas por aumento del nivel del agua) (Fujisaki et al. 2009; Mazzotti et al., 2009).

Por ejemplo, durante la temporada seca, las altas temperaturas disminuyen los niveles de agua, lo que permite la concentración de presas potenciales (Fujisaki et al., 2009), y permite a los cocodrilianos alcanzar tasas metabólicas óptimas (Lang, 1987). Por otro lado, durante la temporada de lluvias, los niveles de agua aumentan y permiten la dispersión de las presas (Fujisaki et al., 2009), y en nortes, las bajas temperaturas reducen el metabolismo de los cocodrilianos y limitan su alimentación (Lang, 1987). En consecuencia, la condición corporal de los cocodrilianos es mayor durante la temporada seca, y disminuye en las demás temporadas.



En lo que al análisis del contenido estomacal se refiere, se encontró que los peces son el grupo de presa más consumido por *C. acutus*. A pesar de la dieta oportunista de los cocodrilianos (Huchzermeyer, 2003), la mayoría de los autores concuerdan en que los peces son parte fundamental de la dieta de los cocodrilos (Casas-Andreu y Barrios, 2003; Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008; Platt et al., 2013). Las especies de peces identificadas en el contenido estomacal ya habían sido previamente reportadas como parte de la dieta de *C. acutus* (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008). A pesar de que en las lagunas muestreadas habitan peces de tamaño medio (familias Lutjanidae y Gerreidae, entre otras) y grande (familia Megalopidae) (Schmitter-Soto, 1998), los peces encontrados en el contenido estomacal son en general de tamaño pequeño (Anexo 2). Lo anterior ocurre porque, aun cuando los cocodrilos pueden encontrarse en aguas abiertas, donde las especies de tamaño medio y grande se presentan, usualmente se ubican en las orillas de las lagunas y cerca de los manglares, donde se encuentran los peces pequeños (Schmitter-Soto, 1998). Debido a lo anterior, y a la dieta oportunista de los cocodrilos, éstos consumirán las presas a su alcance y no aquellas que puedan preferir (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008; Platt et al., 2013).

Con respecto a la composición de la dieta por clase de talla, se observó que en las clases III (jóvenes) y V (adultos) los peces fueron el grupo de presa de mayor consumo. Sin embargo, cada clase de talla contuvo diferentes grupos de presa. Los cocodrilos de la clase III presentaron insectos y moluscos dentro de su dieta, mientras que la clase V presentó mamíferos. Dado que la dieta de los cocodrilianos está condicionada a los cambios ontogénicos del cráneo de los mismos, la presencia o ausencia de los diferentes grupos de presa en las clases de talla, se encuentra en

función de la capacidad de los cocodrilos para consumir dichos grupos (Tucker et al., 1996). Las diferencias encontradas en los volúmenes relativos entre las clases III y V, pueden deberse a que los individuos de la clase III se encuentran en una transición entre la clase II (crías) y la IV, la primera con marcadas preferencias por presas pequeñas (insectos y moluscos) (Tucker et al., 1996), y la segunda con una dieta más diversa (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008; Platt et al., 2013).

Finalmente, la composición de la dieta no reveló diferencias entre los sexos. No obstante hubo diferencias en los volúmenes relativos de la composición de la dieta entre sexos. Se observó que los machos incluyeron dentro de su dieta todos los grupos de presa. Sin embargo, dado que la mayoría de la clase III fueron machos, es comprensible que presentaran un mayor volumen relativo de presas pequeñas (insectos, moluscos y crustáceos) que las hembras. La clase V se compuso exclusivamente por machos, lo cual puede explicar la presencia de mamíferos dentro de su contenido estomacal (Tucker et al., 1996; Platt et al., 2013). Con respecto a las aves, este grupo ocupó un mayor volumen relativo en las hembras. Las capturas de las hembras fueron cerca de islotes de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) que crecían en los centros de las lagunas, donde frecuentemente se avistaron aves perchando. De igual forma, las hembras presentaron un mayor volumen relativo de peces, lo cual pudo haber sido posible por el bajo volumen relativo o ausencia de piezas de contenido estomacal del resto de los grupos de presa, lo que incrementó el volumen relativo de los peces en las hembras. Si bien, la dieta de *C. acutus* es similar entre sexos (Gómez-Hernández, 2004; Villegas y Schmitter-Soto, 2008; Platt et al., 2013), indudablemente ésta se encontrará en función de la clase de talla a la que pertenezca el sexo, así como al tipo de presas disponibles.

Los análisis de correlación entre el FCF y la composición de la dieta (grupos de presa y volumen relativo), no mostraron una relación lineal que los vinculen. Lo anterior difiere con lo encontrado por Rice (2004), quien menciona además que la dieta afecta la condición corporal de *A. mississippiensis*. Es importante destacar que dicho autor correlacionó el FCF con la biomasa de cada grupo de presa y con los valores nutricionales de dichos grupos. La presente investigación no empleó las técnicas sugeridas por Rice (2004), debido a que éstas estuvieron fuera del alcance de la misma. Adicionalmente, Rice (2004) trabajó con un tamaño de muestra de 200 estómagos, en comparación con los 15 obtenidos en este estudio; y complementó sus resultados con necropsias. Para la presente investigación, las capturas para realizar necropsias fueron imposibles, debido a que el área de muestreo es un área natural protegida (Diario Oficial de la Federación, 2004), que se atiene a los lineamientos de las listas nacionales e internacionales de especies en riesgo (CITES, 2010; Diario Oficial de la Federación, 2010; UICN, 2011), dentro de las cuales se encuentra *C. acutus*. Adicionalmente, no se tuvieron registros de individuos muertos, por lo que los permisos necesarios para llevar a cabo necropsias no fueron solicitados a las autoridades correspondientes.

En lo que a helmintos parásitos gastrointestinales se refiere, la prevalencia total (50%) se encontró por debajo de lo registrado por Villegas y González-Solís (2009) para el área (65%). Las tres especies de parásitos encontradas en este estudio ya habían sido previamente reportadas (Villegas y González-Solís, 2009). Sin embargo, se observaron diferencias en cuanto al parásito más abundante. En esta investigación, *Contracaecum* sp. tipo 2 fue la más abundante y prevalente, mientras que Villegas y González-Solís (2009) reportaron a *T. crocodili* en dichos puestos. Estas diferencias en

los parámetros de infección pueden estar relacionadas con el tamaño de muestra analizado en cada estudio (18 vs 26), así como a la variabilidad estacional en los niveles de infección de los helmintos y la susceptibilidad de cada cocodrilo. Para probar esto, es necesario conocer a mayor profundidad la biología de los parásitos y sus interacciones con el hospedero. Las tres especies de nematodos llegan al cocodrilo a través de la ingesta de presas infectadas, principalmente peces, aves y anfibios (Sprent, 1977; Anderson, 2000). Es importante recalcar que se ha planteado una posible coevolución entre los nematodos de los géneros *Terranova* y *Dujardinascaris* con sus hospederos cocodrilianos (Sprent, 1977; Brooks y O'Grady, 1989). Esto resulta en que dichos nematodos se presentan de manera frecuente en las diversas especies del orden Crocodylia, y que la interacción parásito-hospedero es tal que no se afectan mutuamente. Por su parte, *Contracaecum* sp. tipo 2 utiliza a las aves piscívoras como hospederos finales (Moravec, 2001) y a los peces como hospederos intermediarios (Anderson, 2000). Por tanto, su presencia en *C. acutus* puede considerarse como accidental.

No se encontraron diferencias en la composición de la helmintofauna gastrointestinal de *C. acutus*. Lo anterior ocurrió por insuficiencia de datos. El número de individuos colectados de *D. helicina* y *T. crocodili* por clases de talla, sexo y sitios de muestreo fue muy escaso como para aplicar el estadístico Kruskal-Wallis. No obstante, fue posible detectar diferencias en la frecuencia de aparición de los helmintos parásitos gastrointestinales en la clase III y entre sexos. *Contracaecum* sp. tipo 2 fue la especie más abundante, tanto en la clase III, como en los machos; sin embargo, lo anterior puede estar relacionado, dado que la mayoría de los machos pertenecieron a la clase III. Es posible que *Contracaecum* sp. tipo 2 fuese tan frecuente porque esta especie

utiliza a los peces como hospederos intermedios, y dado que los peces fueron el grupo de presa que ocupó un mayor volumen relativo en los estómagos de los individuos de la clase III, es comprensible el alto número de individuos encontrados, en comparación con las demás especies de helmintos.

Finalmente, los análisis de correlación entre el FCF y los helmintos parásitos gastrointestinales no mostraron relaciones lineales que los vinculen. Esto puede ser una consecuencia de la amplia y estrecha relación parásito-hospedero que ocurre entre *T. crocodili* y *D. helicina* con *C. acutus*, donde aparentemente, no existe daño por la presencia del parásito y, por tanto, la condición corporal no se ve afectada. Por otro lado, *Contracaecum* sp. tipo 2 sólo está de paso por el tracto digestivo de los cocodrilos, ya que no es un hospedero común para el parásito. Sin embargo, se ha comprobado que parásitos nematodos gastrointestinales de los cocodrilianos (géneros *Dujardinascaris*, *Hartwichia* y *Multicaecum*) pueden causar úlceras y granulomas en el tracto digestivo de los mismos, asimismo se tiene conocimiento de que el género *Goezia*, propio de peces, puede tener los mismos efectos en cocodrilianos. Generalmente, los signos clínicos no son evidentes y sólo se pueden determinar a través de necropsias (Huchzermeyer, 2003; Jacobson, 2007). Usualmente, las parasitosis en cocodrilianos se observan cuando éstos se encuentran en cautiverio y son provocadas por un mal manejo de los individuos. En vida libre no se han registrado casos de parasitosis en cocodrilianos (Huchzermeyer, 2003).

## VI. Conclusiones

A pesar del esfuerzo de muestreo, los cocodrilos capturados fueron pocos en comparación con estudios previos en el área. Sin embargo, pese a las bajas capturas, fue posible aplicar el factor de condición de Fulton. En general, *C. acutus* presentó una buena condición corporal, que ha mejorado ligeramente a lo largo de seis años. Es necesario implementar un monitoreo sistematizado de *C. acutus* para determinar las causas de las bajas densidades; dándole prioridad a investigaciones orientadas a la ecología reproductiva de la especie en el área de estudio.

Estudiar la helmintofauna de *C. acutus* es importante, ya que se sabe muy poco acerca de las especies de helmintos que parasitan este cocodrilo, y de su relación parásito-hospedero. De igual forma, para que las relaciones entre la condición corporal y la composición de la dieta de *C. acutus* arrojen información más robusta, es necesario explorar nuevas técnicas, como el uso de la biomasa y, adicionalmente, aumentar el tamaño de muestra a través de un monitoreo más extenso. La información que se genere al respecto podría demostrar si existe una influencia por parte de los grupos de presa en la condición corporal de *C. acutus*.

Finalmente, los programas de manejo y conservación de la fauna silvestre en el PNAX han sido incluyentes con los pobladores de Xcalak, lo que les ha permitido a éstos aprovechar de manera sustentable sus recursos naturales. Si bien, para *C. acutus* aún no es posible realizar un plan de manejo efectivo en el área, debido a los escasos datos científicos que se tienen sobre sus poblaciones, si es posible comenzar a realizar esfuerzos de conservación sobre las mismas. Mediante programas de educación ambiental, se puede comenzar informando a pobladores y turistas sobre la presencia de

la especie, su importancia y la función que tiene en el ecosistema. De igual forma, el aprovechamiento indirecto de la especie, a través de recorridos guiados en las lagunas, puede fomentar su conservación, a la vez que promueve la economía local.

## VII. Literatura citada

- Anderson, R. C. 2000. Nematodes parasites of vertebrates. Their development and transmission. Wallingford, UK. CABI Publishing.
- Ayarzagüena, S. J. 1983. Ecología del caimán de anteojos (*Caiman crocodilus*) en los llanos de Apure, Venezuela. *Doñana Acta Vertebrata*, 10: 1-36.
- Barboza, P. S., K. L. Parker e I. D. Hume. Eds. 2009. Integrative Wildlife Nutrition. Springer.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. Ecology, from individuals to ecosystems. 4<sup>th</sup> Ed. Oxford, UK. Blackwell Publishing.
- Brooks, D. R. y R. T. O'Grady. 1989. Crocodylians and their helminth parasites: Macroevolutionary considerations. *American Zoologist*, 29: 873-883.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83: 575-583.
- Calderón-Mandujano, R., H. Bahena-Basave y S. Calmé. 2005. Anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. Quintana Roo, México. COMPACT, ECOSUR, CONABIO.



- Casas-Andreu, G. 1995. Los cocodrilos de México como recurso natural, presente, pasado y futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 46: 153-162.
- 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.
- Casas-Andreu, G. y M. Guzmán-Arroyo. 1970. Estado actual sobre las investigaciones de cocodrilos mexicanos. Serie Divulgación. *Boletín del Instituto Nacional de Investigación Biológico Pesqueras*. 3: 1-52.
- Casas-Andreu, G. y Q. G. Barrios. 2003. Hábitos alimenticios de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) determinados por el análisis de sus excretas en la costa de Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Zología*, 74: 35-42.
- Castro-González, M. I., D. Aurióles-Gamboa, S. Montaña-Benavides, F. Pérez-Gil y N. López-Orea. 2001. Lípidos totales, colesterol y triglicéridos en crías de lobo marino de California *Zalophus californianus* del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 27: 375-396.
- Cedeño-Vázquez, J. R., J. P. Ross y S. Calmé. 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *Crocodylus moreletii* in southeastern Quintana Roo, México. *Herpetological Natural History*, 10: 17-30.

- Cedeño-Vázquez, J. R., F. González-Ávila y J. M. Castro-Pérez. 2011. Condición corporal del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en el Río Hondo, Quintana Roo, México. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1: 19-26.
- Charruau, P., J. R. Cedeño-Vázquez y S. Calmé. 2005. Status and conservation of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) in Banco Chinchorro Biosphere Reserve, Quintana Roo, México. *Herpetological Review*, 36: 390-395.
- Charruau, P., J. B. Thorbjarnarson y Y. Hénaut. 2010. Tropical cyclones and reproductive ecology of *Crocodylus acutus* Cuvier, 1807 (Reptilia: Crocodylia: Crocodylidae) on a Caribbean atoll in México. *Journal of Natural History*, 44: 741-761.
- Charruau, P., J. Pérez-Flores, J. G. Pérez-Juárez, J. R. Cedeño-Vázquez y R. Rosas-Carmona. 2012. Oral and cloacal microflora of wild crocodiles *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in the Mexican Caribbean. *Diseases of Aquatic Organisms*, 28: 27-39.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES). 2010. Apéndices I, II y III (en línea). Disponible en: <http://cites.org/eng/app/appendices.shtml> (fecha de acceso: 20 de noviembre de 2011).
- Cupul-Magaña, F. G., A. Rubio-Delgado y A. Reyes-Juárez. 2005. La mordida del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) ¿es potencialmente séptica? *Revista Biomédica*, 16: 65-67.

- Cupul-Magaña, F. G., A. Rubio-Delgado, F. Molano-Rendón y A. Reyes-Juárez. 2008. Contenido estomacal de neonatos de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en Boca Negra, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 16: 41-45.
- Cupul-Magaña, F. G., A. Rubio-Delgado, A. H. Escobedo-Galván y C. Reyes-Núñez. 2011. First report of the marine barnacles *Lepas anatifera* and *Chelonibia testudinaria* as epibionts on American crocodile (*Crocodylus acutus*). *Herpetology Notes*, 4: 213-214.
- Delany, F. M. y C. L. Abercrombie. 1986. American alligator food habits in north-central Florida. *Journal of Wildlife Management*, 50: 348-353.
- Diario Oficial de la Federación. 2004. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Programa de manejo Parque Nacional Arrecifes de Xcalak.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo.
- Domínguez-Laso, J., O. Hinojosa-Falcón y S. Padilla-Paz. 2011. Método de marcaje y recaptura de ejemplares (MRE). En: Sánchez-Herrera, O., G. López-Segurajáuregui, A. García-Naranjo-Ortiz de la Huerta y H. Benítez-Díaz. Eds. Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Ellis, T. M. 1981. Tolerance of sea water by the American crocodile, *Crocodylus acutus*. *Journal of Herpetology*, 15: 187-192.
- Escobedo-Galván, A. H. 2003. Periodos de actividad y efecto de las variables ambientales en cocodrilos (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807): Evaluando los métodos de determinación de la fracción visible. *Ecología Aplicada*, 2: 136-140.
- Fitzgerald, L. A. 1989. An evaluation of stomach flushing techniques for crocodylians. *Journal of Herpetology*, 23: 170-172.
- Fowler, J., L. Cohen y P. Jarvis. 2006. Practical statistics for field biology. 2<sup>nd</sup> Ed. John Wiley and Sons. England. 259 pp.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-253.
- Fujisaki, I., K. G. Rice, L. G. Pearlstine y F. J. Mazzotti. 2009. Relationship between body condition of American alligators and water depth in the Everglades, Florida. *Hydrobiologia*, 635: 329-338.
- García-Grajales, J. y A. Buenrostro-Silva. 2011. Infestación y distribución corporal de sanguijuelas en el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) del estero La Ventanilla, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27: 565-575.

Gómez-Hernández, Y. 2004. Hábitos alimentarios del cocodrilo de ría (*Crocodylus acutus*) y del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an Q. Roo. México. Informe final de servicio social. Universidad Autónoma Metropolitana.

Hayes, J. P. y J. S. Shonkwiler. 2001. Morphometric indicators of body condition: worthwhile or wishful thinking? En: Speakman, J. R. Ed. Body composition analysis of animals: a handbook of non destructive methods. Cambridge University Press.

Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Estados Unidos de América. Oxford University Press.

Huchzermeyer, F. W. 2003. Crocodiles: biology, husbandry and diseases. London. CABI Publishing.

Jacobson, E. R. Ed. 2007. Infectious diseases and pathology of reptiles: color atlas and text. CRC Press.

Lang, J. W. 1987. Crocodilian thermal selection. En: Webb, J. G. W., S. C. Manolis y P. J. Whithead. Eds. Wildlife management: crocodiles and alligators. Australia. Surrey Beatty and Sons Pty Limited.

- Mazzotti, F. J., B. Bohnsack, M. P. McMahon, J. R. Wilcox. 1986. Field and laboratory observations on the effects of high temperature and salinity on hatchling *Crocodylus acutus*. *Herpetologica*, 42: 191-196.
- Mazzotti, F. J., G. R. Best, L. A. Brandt, M. S. Cherkiss, B. M. Jeffery y K. G. Rice. 2009. Alligators and crocodiles as indicators of restoration of Everglades ecosystems. *Ecological Indicators*, 9: 137-149.
- Mazzotti, F. J., M. S. Cherkiss, L. A. Brandt, I. Fujisaki, K. Hart, B. Jeffery, S. T. McMurry, S. G. Platt, T. R. Rainwater y J. Vinci. 2012. Body condition of Morelet's crocodiles (*Crocodylus moreletii*) from northern Belize. *Journal of Herpetology*, 46: 356-362.
- Meine, C. 2010. Conservation biology: past and present. En: Sodhi, N. S. y P. R. Ehrlich. Eds. Conservation biology for all. Oxford University Press.
- Mills, L. S., M. E. Soulé y D. F. Doak. 1993. The keystones-species concept in ecology and conservation. *BioScience*, 43: 219-224.
- Minitab 15. Minitab® Statistical Software (versión 15). State College, EUA. Minitab Inc.
- Mora, M. A., D. W. Anderson y M. E. Mount. 1987. Seasonal variation of body condition and organochlorines in wild ducks from California and Mexico. *The Journal of Wildlife Management*, 51: 132-141.

- Moravec, F. 2001. Some helminth parasites from Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, from Yucatan, Mexico. *Folia Parasitologica*, 48: 47-62.
- Moravec, F. y J. Vargas-Vázquez. 1998. First description of the male and redescription of the female of *Paratrichosoma recurvum* (Nematoda: Capillariidae), a skin-invading parasite of crocodiles in Mexico. *Parasitology Research*, 84: 499-504.
- Munson, L. y W. B. Karesh. 2002. Disease monitoring for the conservation of terrestrial animals. En: Aguirre, A. A., R. S. Ostfeld, G. R. Tabor, C. House y M. C. Pearl. Eds. Conservation medicine, ecological health in practice. London. Oxford University Press.
- Nash, R. D. M., A. H. Valencia y A. J. Geffen. 2006. The origin of Fulton's condition factor setting the record straight. *Fisheries*, 31: 236-238.
- Neff, B. D. y L. M. Cargnelli. 2004. Relationships between condition factor's, parasite load and paternity in Bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Environmental Biology of Fishes*, 71: 297-304.
- Padilla-Paz, S. E. 2008. Hematología, índice corporal y lesiones externas del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en los humedales del norte de Campeche, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1973. A field guide to Mexican birds. Estados Unidos de América, Houghton Mifflin Company.

- Pitcher, K. W., D. G. Calkins y W. G. Pendleton. 2000. Steller sea lion body condition indices. *Marine Mammal Science*, 16: 427-436.
- Platt, S. G. y J. B. Thorbjarnarson. 1997. Status and life history of the American crocodile in Belize. Report to United Nations Development Programme, Global Environmental Facility, Belmopan, Belize. Belize Coastal Zone Management Project BZE/92/G31.
- Platt, S. G., J. B. Thorbjarnarson, T. R. Rainwater y D. R. Martin. 2013. Diet of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) in marine environments of coastal Belize. *Journal of Herpetology*, 47: 1-10.
- Rice, A. N. 2004. Diet and condition of American alligators, *Alligator mississippiensis*, in three central Florida lakes. M. Sc. Thesis. University of Florida.
- Richards, P. M., W. M. Mooij y D. L. De Angelis. 2004. Evaluating the effect of salinity on a simulated American crocodile (*Crocodylus acutus*) population with applications to conservation and Everglades restoration. *Ecological Modelling*, 180: 371-394.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191: 1-382.
- Ross, J. P. Ed. 1998. Crocodiles, status survey and conservation action plan. 2<sup>nd</sup> Ed. IUCN/SSC Crocodile Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.



- Saalfeld, D. T., K. K. Webb, W. C. Conway, G. E. Calkins y J. P. Duguay. 2008. Growth and condition of American alligators (*Alligator mississippiensis*) in an inland wetland of east Texas. *Southeastern Naturalist*, 7: 541-550.
- Schmitter-Soto, J. J. 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. San Cristóbal de las Casas. El Colegio de la Frontera Sur.
- Schmitter-Soto, J. J. y H. C. Gamboa-Pérez. 1996. Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 44: 199-212.
- Schulte-Hostedde, A. I., B. Zinner, J. S. Millar y G. J. Hickling. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86: 155-163.
- Selk, G. E., R. P. Wettemann, K. S. Lusby, J. W. Oltjen, S. L. Mobley, R. J. Rasby y J. C. Garmendia. 1988. Relationship among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of Animal Science*, 66: 3153-3159.
- Sigler, L., J. R. Cedeño-Vázquez y F. G. Cupul-Magaña. 2011. Método de detección visual nocturna (DVN). En: Sánchez-Herrera, O., G. López-Segurajáuregui, A. García-Naranjo-Ortiz-de la Huerta y H. Benítez-Díaz. Eds. Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sprent, J. F. A. 1977. Ascaridoid nematodes of amphibians and reptiles: *Dujardinascaris*. *Journal of Helminthology*, 51: 251-285.

Sprent, J. F. A. 1979. Ascaridoid nematodes of amphibians and reptiles: *Terranova*. *Journal of Helminthology*, 53: 265-282.

Taplin, L. E., G. C. Grigg, P. Harlow, T. M. Ellis y W. A. Dunson. 1982. Lingual salt glands in *Crocodylus acutus* and *C. johnstoni* and their absence from *Alligator mississippiensis* and *Caiman crocodilus*. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic and Environmental Physiology*, 149: 43-47.

Tennant, C. J., J. C. Spitzer, W. C. Bridges y J. H. Hampton. 2002. Weight necessary to change body condition scores in Angus cows. *Journal of Animal Science*, 80: 2031-2035.

Thorbjarnarson, J. B. 1989. Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*. En: Natural Resources. Crocodiles Specialist Group. 1989. Crocodiles, their ecology, management and conservation. *IUCN Publication New Series*. Switzerland.

Thorbjarnarson, J. B. 1993. Diet of the spectacled caiman (*Caiman crocodilus*) in the central Venezuelan llanos. *Herpetologica*, 49: 108-117.

- Thorbjarnarson, J. B. 2010. American crocodile (*Crocodylus acutus*). En: Manolis, S. C. y C. Stevenson. Eds. Crocodiles, status survey and conservation action plan. *Crocodiles Specialist Group*, 46-53.
- Tucker, A. D., C. J. Limpus, H. I. McCallum y K. R. McDonald. 1996. Ontogenetic dietary partitioning by *Crocodylus johnstoni* during the dry season. *Copeia*, 4: 978-988.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2011. Lista Roja de Especies Amenazadas (en línea). Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (fecha de acceso: 20 de noviembre de 2011).
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís y E. F. Mendoza-Franco. 2002. Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Instituto Politécnico Nacional.
- Villalobos-Hiriart, J. L. 1998. Taxonomía de los crustáceos con énfasis en el orden Decapoda. Universidad Autónoma de México.
- Villegas, A. 2006. Ecología trófica del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en la costa sur de Quintana Roo, Mexico. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur.
- Villegas, A. y J. J. Schmitter-Soto. 2008. Feeding habits of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) (Reptilia: Crocodylidae) in the southern coast of Quintana Roo, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 24: 117-124.

- Villegas, A. y D. González-Solís. 2009. Gastrointestinal helminth parasites of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) in southern Quintana Roo, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology*, 4: 346-351.
- Webb, G. J. W., C. Manolis y G. C. Sack. 1984. Cloacal sexing of hatchling crocodiles. *Australian Wildlife Research*, 11: 201-202.
- Woodward, A. R. y W. R. Marion. 1978. An evaluation of factors affecting night-light counts of alligators. *Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association Fish and Wildlife Agencies*, 32: 291-302.
- Ziegler, T. y S. Olbort. 2007. Genital structures and sex identification in crocodiles. *Crocodiles Specialist Group Newsletter*, 26: 16-17.
- Zweig, C. L. 2003. Body condition index analysis for the American alligator (*Alligator mississippiensis*). M. Sc. Thesis. University of Florida.

## VIII. Anexos

1. Lista de valores individuales de *K* de los cocodrilos capturados durante 2006 y 2012.

Temp. clim. = temporada climática, Temp. agua = temperatura del agua, M = macho, H = hembra, BA = baja, BU =buena, EX = excelente.

Marca	Periodo	Sitio	Temp. clim.	Salinidad	Temp. agua	Sexo	Clase	K	Categoría
280	2006	Cementerio	Nortes	25	25	M	IV	2.05	BU
281	2006	Cementerio	Nortes	25	25	M	III	1.8	BA
282	2006	Cementerio	Nortes	25	25	H	III	3.05	BU
283	2006	Xcalak	Nortes	40	25	H	IV	2.46	BU
284	2006	Cementerio	Seca	20	28	M	V	2.23	BU
275	2006	Xcalak	Seca	35	30	M	IV	2.26	BU
276	2006	Cementerio	Seca	34	29	M	IV	2.21	BU
277	2006	Río Huach	Seca	38	30	H	III	3.66	EX
278	2006	Río Huach	Seca	40	28	H	IV	2.53	BU
279	2006	Cementerio	Seca	35	29	H	IV	3.05	BU
275	2006	Xcalak	Seca	40	29	M	V	2.36	BU
282	2006	Cementerio	Seca	35	30	H	III	2.32	BU
78	2006	Cementerio	Seca	35	29	M	V	2.54	BU
285	2006	Río Huach	Lluvia	25	31	H	IV	2.25	BU
286a	2006	Río Huach	Lluvia	25	31	H	IV	2.33	BU
197	2006	Cementerio	Lluvia	25	31	M	V	2.28	BU
286b	2006	Xcalak	Lluvia	29	31	M	V	2.01	BU
286c	2006	Cementerio	Lluvia	29	29	H	III	2.46	BU
287	2006	Río Huach	Lluvia	24	27.5	H	III	2.56	BU
288	2006	Cementerio	Lluvia	23	28	H	III	2.46	BU
289	2006	Río Huach	Lluvia	28	31	H	IV	2.68	BU
290a	2006	Río Huach	Lluvia	28	31	H	III	2.81	BU
289	2006	Río Huach	Lluvia	29	32	H	IV	2.68	BU
287	2006	Río Huach	Lluvia	35	30.5	H	III	2.41	BU
290b	2006	Bacalar Chico	Lluvia	35	30	M	IV	2.65	BU
291b	2006	Bacalar Chico	Lluvia	38	33	M	V	2.15	BU

## 1. Continuación

Marca	Periodo	Sitio	Temp. clim.	Salinidad	Temp. agua	Sexo	Clase	K	Categoría
461	2012	Río Huach	Nortes	11	28.5	M	III	2.53	BU
462	2012	Río Huach	Nortes	10	27.5	H	IV	2.51	BU
463	2012	Río Huach	Nortes	13	27	M	III	2.09	BU
464	2012	Bacalar Chico	Nortes	49	28	M	V	2.13	BU
465	2012	Bacalar Chico	Nortes	32	27	M	III	2.5	BU
466	2012	Bacalar Chico	Nortes	52	26	M	III	2.58	BU
467	2012	Cementerio	Seca	38	27	M	III	1.99	BU
468	2012	Cementerio	Seca	38	27	M	III	2.04	BU
469	2012	Bacalar Chico	Seca	45	28.5	H	III	3.39	EX
470	2012	Bacalar Chico	Seca	36	28.5	M	V	5.87	EX
471	2012	Río Huach	Seca	37	29.5	H	IV	2.14	BU
469-R	2012	Bacalar Chico	Seca	55	28	M	III	3.6	EX
472	2012	Bacalar Chico	Seca	45	28	M	V	2.71	BU
473	2012	Xcalak	Seca	42	29	M	IV	2.39	BU
474	2012	Bacalar Chico	Lluvia	45	28	M	IV	2.45	BU
465-R	2012	Bacalar Chico	Lluvia	45	27	M	III	2.16	BU
475	2012	Bacalar Chico	Lluvia	40	28.5	H	III	2.28	BU
476	2012	Bacalar Chico	Lluvia	41	29.5	M	III	3.46	EX

2. Grupos de presa y especies encontradas en el contenido estomacal de *C. acutus* en el PNAX durante el muestreo de 2012.

Grupo de presa	Especie
Peces	<i>Atherinomorus stipes</i>
	<i>Gambusia yucatana</i>
	<i>Cyprinodon artifrons</i>
	<i>Garmanella pulchra</i>
Aves	<i>Phalacrocorax auritus</i>
	<i>Anas discors</i>
	<i>Eudocimus albus</i>
Crustáceos	<i>Callinectes</i> sp.
	<i>Panoplax depressa</i>
	<i>Palaemonetes intermedius</i>
	Crustacea
Moluscos	<i>Neritina virginea</i>
Insectos	Coleoptera 1
	Coleoptera 2
Mamíferos	Mammalia

