



Artículo original

## Tendencias poblaciones de *Crocodylus acutus* en condiciones de protección en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México

Andrés García<sup>1\*</sup>, Marciano Valtierra-Azotla<sup>2</sup>, Alfredo Cuarón<sup>3</sup> & Gerardo Ceballos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Postal 21, San Patricio, Melaque, Jalisco, 48980.

<sup>2</sup>Gerencia Regional IV Balsas, Comisión Nacional Forestal, Periférico Independencia 4193, Morelia, Michoacán. C.P. 58195.

<sup>3</sup>SACBÉ - Servicios Ambientales, Conservación Biológica y Educación, Reforma Agraria 400-8, Fracc. El Pueblito, Col. San José del Cerrito, Morelia, Michoacán 58341, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria Ap. Postal 70-275 México, D.F. 04510 México

### Resumen

Se evaluaron los cambios en la abundancia, densidad y estructura por tamaños de la población de *Crocodylus acutus* de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala en la costa de Jalisco, México. En la actualidad la población se estima en más de 440 individuos lo que representa un 1.250% con respecto a los 35 individuos registrados en 1987 cuando se inició el conteo de esta población. Lo anterior se ve reforzado por el incremento constante del número de nidos registrados desde 1988 y la estabilización de la estructura de tamaños de la población que registra un incremento en la proporción de individuos sexualmente maduros. La recuperación de esta población durante las últimas dos décadas es gracias a la adaptabilidad de la especie, al esfuerzo sostenido y voluntad por protegerla y a la restauración y conservación de los humedales de la reserva por parte de la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C.

**Palabras Clave:** Chamela-Cuixmala, *Crocodylus acutus*, conservación, México, recuperación poblacional.

### Population trends of *Crocodylus acutus* under protection in the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve, Jalisco, Mexico

### Abstract

We evaluated the changes in the abundance, density, and size structure of a population of *Crocodylus acutus* within the Chamela Cuixmala Biosphere Reserve on the coast of Jalisco, México. The current population size is estimated to be more than 440 with an annual rate of increase of about 1.250%, based on a population size of 35 individuals in 1987, when monitoring began. These findings are reinforced by the consistent increase in the number of nests recorded since 1988 and by the stabilization of the size structure of the population with a consistent increase in the portion of the population that is sexually mature. The recovery of this population during the last two decades is the result of the adaptability of this species combined with the constant effort and determination of the Cuixmala Ecological Foundation to protect the population and conserve and restore the wetlands in reserve.

**Key words:** Chamela-Cuixmala, *Crocodylus acutus*, conservation, Mexico, population recovery.

### Introducción

En México se encuentran tres de las 23 y 10 especies de cocodrilos del mundo y del continente americano, respectivamente (King & Burke 1989), que son el Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*), el Cocodrilo de Río (*C. acutus*) y el Caimán (*Caiman*

*crocodilus*). Las tres especies se encuentran clasificadas bajo la categoría de *Protección Especial* de acuerdo a la normatividad mexicana (SEMARNAT 2002).

\*Autor para correspondencia: chanoc@ibiologia.unam.mx

Editores/Editors:

AH Escobedo-Galván, FG Cupul-Magaña & JF González-Maya

Recibido/Received: 18 de mayo de 2009

Aceptado/Accepted: 30 de octubre de 2010

Los principales factores de riesgo que estas especies enfrentan son la modificación de su hábitat, la contaminación, la sobreexplotación comercial para el aprovechamiento de su piel y la cacería indiscriminada (Thorbjarnarson 1988, SEMARNAP 1999). Si bien existen trabajos sobre la biología y ecología de estas especies en México (e.g. Álvarez del Toro 1974, Pérez-Higareda *et al.* 1991, Méndez & Casas-Andreu 1992, Casas-Andreu 2003, Hernández *et al.* 2003, García-Grajales *et al.* 2007), pocos están enfocados al estudio de las tendencias poblacionales y estructura poblacional a largo plazo, información que contribuye a la determinación del estado de conservación de una población en particular.

Hacia mediados de los años treinta el Cocodrilo de Río era abundante en las costas de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Chiapas y Oaxaca (Álvarez del Toro 1974, Casas & Guzmán 1970, Hernández-Hurtado *et al.* 2006). Sin embargo, esta especie estuvo en serio peligro de extinción ya que durante las décadas de 1940 a 1970, miles de ejemplares fueron cazados comercialmente (Álvarez del Toro 1974). Esto provocó una considerable disminución de sus poblaciones silvestres en México (Casas & Guzmán 1970, Álvarez del Toro 1974, Herrera 1989), y prácticamente en todo su ámbito de distribución (Thorbjarnarson *et al.* 2006). La prohibición internacional de comercio de pieles de cocodrilos silvestres y la conservación de algunas de las poblaciones remanentes ayudó a que la especie se recuperara gradualmente, y que en la actualidad se encuentre clasificada como sujeta a protección especial, que implica que su aprovechamiento está limitado debido a lo reducido de sus poblaciones y su distribución geográfica restringida, siendo necesario propiciar la recuperación y conservación de la especie, de sus poblaciones y de su hábitat así como a las especies asociadas (SEMARNAT 2002).

No existen reportes de la recuperación a largo plazo de poblaciones de Cocodrilo de Río en México. En 1986 y 1987 tuvimos la oportunidad de evaluar y establecer medidas de conservación de la población remanente de esta especie en los humedales del Río Cuixmala, en la costa central de Jalisco, que a partir de 1993 es parte de la Reserva de la Biosfera

Chamela-Cuixmala (Ceballos *et al.* 1999). Diversos investigadores han estudiado esa población pero no existe ninguna evaluación de los efectos del esfuerzo de conservación en su conjunto. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en el tamaño poblacional, la densidad y estructura de la población de *C. acutus* de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala en casi dos décadas.

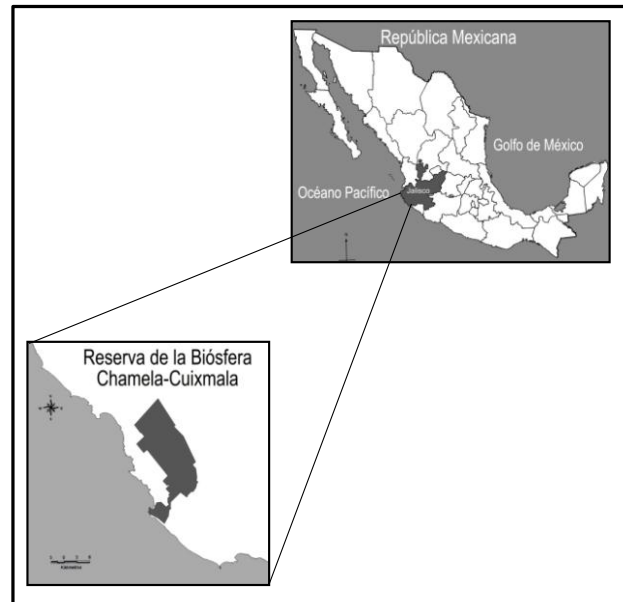


Figura 1. Ubicación de la RBChC.

## Material y Métodos

### Área de Estudio

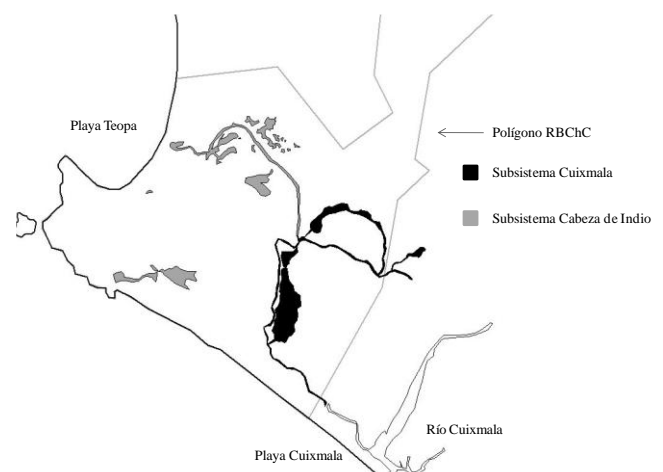


Figura 2. Esquemata de los humedales de la RBChC y subsistemas muestreados.

El estudio se realizó en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, en la costa central de Jalisco,

México (19°22'N, 104°56'W a 19°35'N, 105°03'W; Figura 1). Chamela-Cuixmala incluye una extraordinaria riqueza florística con más de 1.100 especies de plantas vasculares, y faunística, con 19 especies de anfibios, 68 de reptiles, 270 de aves y 72 de mamíferos; las principales características de la reserva y de la región en general pueden consultarse en Ceballos *et al.* (1999) y Noguera *et al.* (2002). Chamela-Cuixmala tiene una extensión total de 13.142 hectáreas, en la cual la vegetación predominante es la selva baja caducifolia. Otros tipos de vegetación en Chamela-Cuixmala incluyen la selva mediana superenifolia, vegetación riparia, palmar, vegetación de dunas costeras (Ceballos *et al.* 1999). Existen además un sistema de canales (7,70 km longitud total, Tabla 1) y lagunas costeras con una superficie total de 67 ha situadas en una planicie aluvial, entre la desembocadura del río Cuitzmala y playa Teopa donde es posible observar vegetación de manglar, manzanillera, tule, carrizal y vegetación flotante (Figura 2).

#### Tamaño poblacional

La población de cocodrilos de Chamela-Cuixmala ha sido estudiada desde 1987. Nuestra estimación de su recuperación evaluando el tamaño población se basa en parte de los datos de Ceballos *et al.* (1987), Lazcano (1989), Casas-Andreu & Méndez de la Cruz (1992), De Luna (1996), y Valtierra-Azotla (2007). La estimación de la densidad y la estructura por tamaños de la población se hizo con muestreos nocturnos estandarizados, mensuales, de junio 1997 a febrero del 2003 a través de la zona de humedales de Chamela-Cuixmala (Figura 2). Estos humedales están conformados por dos subsistemas: el subsistema Cuixmala con una superficie total de 40 ha, compuesto por cuatro cuerpos de agua de origen natural pero modificados, y el subsistema Cabeza de Indio con una superficie total de 27 ha, el cual está formado por tres cuerpos de agua de origen natural y sin manejo alguno (Figura 2; Tabla 1).

**Tabla 1.** Superficie (ha) de los cuerpos de agua por subsistema de canales y lagunas, longitud de los canales, recorridos durante los conteos nocturnos.

Subsistema	Nombre del Cuerpo de agua	Abreviación	Superficie (ha)	Longitud (m)
Cuixmala	Laguna Principal	LP	18,5	
Cuixmala	Laguna Llanitos	LLL	10	
Cuixmala	Canal Secundario	CS	5,8	1388,82
Cuixmala	Canal Principal 1	CP1	6,2	2583,18
<b>Total 1</b>			<b>40,5</b>	
Cabeza de Indio	Canal Principal 2	CP2	15,3	3731,82
Cabeza de Indio	Laguna Limbo	LLB	5,6	
Cabeza de Indio	Laguna Cabeza Indio	LCI	6	
<b>Total 2</b>			<b>26,9</b>	
<b>Gran total</b>			<b>67,4</b>	

El tamaño promedio anual de la población se estimó con base en los conteos nocturnos y la información del número de nidos registrados en Chamela-Cuixmala en cada temporada de reproducción. Los conteos nocturnos han sido usados en todo el mundo como una base para evaluar las tendencias poblacionales de los cocodrilianos y representan un índice de la población total (Bayliss 1987, Woodward & Moore 1993). Para la estimación del tamaño poblacional de *C. acutus* se utilizó el método propuesto por Messel *et al.* (1981), que se basa en el cálculo de la fracción o proporción observada de la población durante los conteos nocturnos mediante la siguiente fórmula:  $p = m / (2s + m) 1,05$ , donde  $p$  = proporción de población durante el conteo promedio,  $m$  = valor promedio del número de individuos registrados para el total de los conteos realizados y  $s$  = desviación estándar del número de individuos registrados para el total de los conteos realizados. Los valores de  $p$ ,  $s$ , y  $m$ , permitieron la estimación del tamaño total de la población ( $N$ ) a partir de la siguiente fórmula:  $N = (m/p) \pm 1,96 (s)^{1/2}/p$ . La estimación del tamaño poblacional utilizando el número de nidos registrados por año se basa en tres supuestos: 1) las hembras sólo anidan una vez al año por lo que el número de nidos corresponde al número de hembras que anidan en un año en particular (Platt y Thorbjarnarson 2000); 2) la proporción de los sexos en adultos reproductivos es 1:1 (Kushlan & Mazzotti 1989, Moler 1991, Platt & Thorbjarnarson 2000) y; 3) la proporción de la población que es sexualmente madura que es en

general 15% (Thorbjarnarson 1999). Así, el número de nidos y la proporción sexual permiten estimar el porcentaje de la población sexualmente madura que representaría el 15% de la población. Con esta información se puede estimar el 85% restante de la población y así obtener una estimación del tamaño total de la población (Thorbjarnarson 1999). Se utilizó la información de los nidos registrados en Chamela-Cuixmala entre 1997 y 2003 por Valtierra-Azotla (2007).

Los conteos nocturnos iniciaron 30 minutos después del anochecer por lo general alrededor de los días previos a la luna nueva. Se utilizó una lancha de fibra de vidrio de 3 m de largo, impulsada por un motor eléctrico marca Evinrude® de 3 velocidades y 1 HP de potencia, activado por una batería marca Delco® de 12 v. Posteriormente este equipo fue reemplazado por una lancha de aluminio marca Lowe® de 3 m de largo y fondo plano, impulsada por un motor eléctrico de 5 velocidades marca Minnkotta®, conectado a una batería eléctrica de 12 v. La velocidad promedio durante los recorridos, fue de 3 km/hr; aunque en algunas ocasiones fue necesario utilizar los remos para navegar en zonas de aguas muy someras. El registro visual de individuos siguió el método estándar, que consiste en navegar a una velocidad constante y recorrer con el haz de luz de las lámparas la orilla del cuerpo de agua y eventualmente hacia el centro del cuerpo de agua, esto último generalmente en cuerpos lagunares o de aguas abiertas (Bayliss 1987, Nichols 1987, Thorbjarnarson 1988). Para buscar y detectar a los cocodrilos se utilizaron lámparas de cabeza marca Petzl®, y una lámpara de mano marca Maglite®. Cada individuo avistado fue registrado con un contador manual modelo Jim Gem®, con capacidad de hasta 999 registros. La densidad de cocodrilos se reporta tanto como individuos por hectárea, para todos los cuerpos de agua, como por individuos por km sólo para los canales recorridos utilizando la información por promedio anual de individuos registrados mensualmente en cada cuerpo de agua en relación a su superficie o longitud.

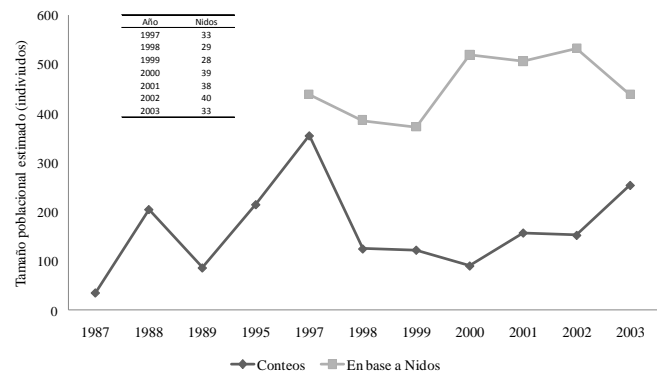
Para estimar la estructura por categorías de tamaño se estimó y clasificó las tallas de los cocodrilos de acuerdo a 4 Clases: I)  $0,25 < 0,50$  m (crías o neonatos); II)  $0,50 < 1$  m (juveniles); III)  $1 < 2$  m

(subadultos); IV)  $> 2$  m (adultos). Se incluyó una categoría adicional denominada SO (sólo ojos) para aquellos casos donde no se pudo estimar el tamaño con certeza. Los rangos de tamaños de las clases utilizadas son similares a las establecidas en otros estudios (Thorbjarnarson et al. 2000, Cupul-Magaña et al. 2002, Carvajal et al. 2005, García-Grajales et al. 2007).

## Resultados

### Tamaño poblacional y estructura de la población

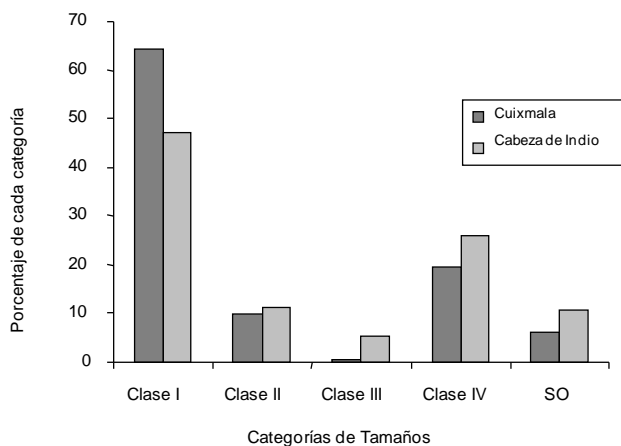
La población de cocodrilos de Chamela-Cuixmala ha tenido un incremento considerable desde 1987, cuando se comenzaron los trabajos para establecer la reserva. La población inicial de alrededor de 35 ejemplares ha tenido un incremento de más del 725% de acuerdo a la estimación de los conteos y 1.250% de acuerdo a la estimación sobre la base del número de nidos y actualmente se estima en alrededor de 260 (conteos) y 440 (nidos) ejemplares (Figura 3). El incremento más notable ocurrió entre 1997 y 2000, y actualmente al parecer la población tiende a estabilizarse.



**Figura 3.** Tendencia poblacional estimada para *C. acutus* en Chamela-Cuixmala de 1987 a 2003 con base en los conteos y número de nidos registrados. Datos para 1987 apartir de Ceballos et al. (1987), para 1988 y 1989 de Casas-Andreu y Mendez de la Cruz (1992), para 1995 de De Luna (1996).

En total se obtuvieron 6.018 registros visuales de individuos en los humedales de Chamela-Cuixmala que en su mayoría (61%) correspondieron a la Clase I de tamaño, seguidas en orden descendiente de importancia la Clase IV (20,7%), Clase II (10%) y Clase III (1,3%). Dichas tendencias generales fueron similares tanto en los humedales de Cuixmala como en

los de Cabeza de Indio (Figura 4); sin embargo, existieron diferencias entre los sitios con el respecto al porcentaje de individuos por clases de tamaño ( $G = 264,2$ , g.l. 4,  $p < 0,001$ ), más crías en Cuixmala y más subadultos y adultos en Cabeza de Indio. La tendencia anual en la estructura por clase de tamaños entre 1997 y 2003 (Figura 5) registró una disminución de las clases de tamaño menores (crías y juveniles) y un incremento de las mayores (subadultos y adultos). Al comparar, la estructura por clases de tamaño registrada en Chamela-Cuixmala en 1997 con la del 2001, se observa un cambio significativo ( $G = 219,5$ , g.l. 3,  $p < 0,001$ ) especialmente en los porcentajes de crías (disminuye) y adultos (aumenta) en la población.



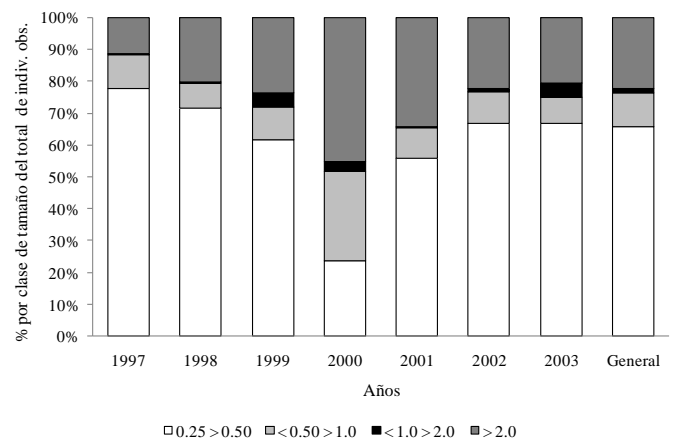
**Figura 4.** Porcentaje del total de individuos observados por categoría de tamaño de *C. acutus* en Cuixmala y Cabeza de Indio.

#### Densidad poblacional

La densidad promedio de cocodrilos fue significativamente mayor (ANOVA;  $F_{1,1} = 17,3$ ;  $p = 0,006$ ) en Cuixmala que en Cabeza de Indio ( $3,8 \pm 2,1$  ind/ha y  $2,1 \pm 0,7$  ind/ha, respectivamente), dicha tendencia fue consistente a lo largo del tiempo (Figura 6). Si bien la densidad promedio en Cuixmala fue mayor que en Cabeza de Indio, ésta mostró una mayor fluctuación en los valores a través de los años registrando una disminución importante de 1997 al 2000, con valores semejantes a los de Cabeza de Indio en ese año, para posteriormente incrementarse nuevamente.

La densidad calculada en términos del número de individuos por km de recorrido a lo largo de los canales registró valores mayores en Cuixmala que en

Cabeza de Indio. El promedio general para los canales Secundario y Principal 1 fue de 32,52 ind/km y 20,41 ind/km respectivamente, mientras que para el Canal Principal 2, ubicado en Cabeza de Indio el promedio general es de 8,77 ind/km. En los canales de Cuixmala, las densidades (ind/km) fueron mayores durante los primeros y últimos años de este estudio mientras que para el Canal Principal 2 la densidad fue mayor en 1997 (18,76 ind/km) y posteriormente se mantuvo relativamente constante (entre 6,16 y 8,5 ind/km; Tabla 2).



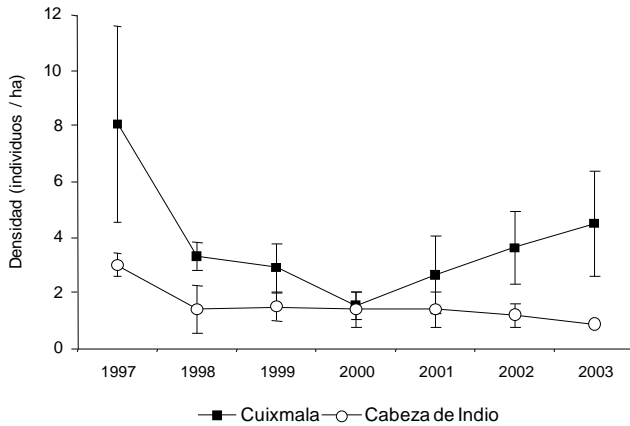
**Figura 5.** Tendencia anual del porcentaje del total de individuos observados por categoría de tamaño en *C. acutus* entre 1997 a 2003 en Chamela-Cuixmala.

**Tabla 2.** Tendencias anuales de la densidad estimada en No. de individuos por Km en los canales recorridos durante los conteos nocturnos en Chamela-Cuixmala: CP-TR = Canal Principal 1; CS = Canal Secundario; TR-CIN = Canal Principal 2.

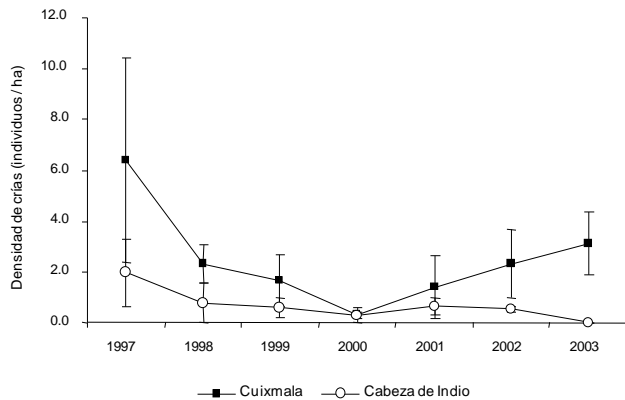
Canal (Código)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Prom.
CP-TR	45,30	14,71	16,26	13,16	9,68	8,90	34,84	20,41
CS	73,49	23,05	19,45	9,37	22,33	34,58	45,39	32,52
TR-CIN	18,76	7,77	8,57	6,16	7,50	5,89	6,70	8,77
Prom.	45,85	15,18	14,76	9,56	13,17	16,46	28,98	20,57

La densidad promedio de las distintas clases de tamaño difirió entre sitios (Cuixmala y Cabeza de Indio) a través de los años. En el caso de las crías, la tendencia fue muy similar a lo mostrado por el promedio anual de la población en general (figuras 6 y 7). La densidad promedio de crías en Cuixmala fue significativamente mayor (ANOVA;  $F_{1,1} = 10,41$ ;  $p = 0,01$ ), en Cuixmala que en Cabeza de Indio en general ( $2,5 \pm 2$  ind/ha y de  $0,7 \pm 0,6$  ind/ha,

respectivamente) y a través de los años con excepción del año 2000, en donde la densidad fue de 0,3 crías/ha en ambas zonas (Figura 7), posteriormente la densidad de crías fue en aumento en Cuixmala mientras que disminuyó en Cabeza de Indio.



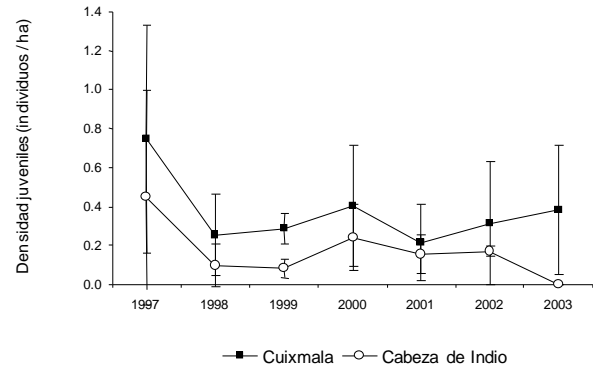
**Figura 6.** Densidad promedio anual de *C. acutus* observados en Cuixmala y Cabeza de Indio entre 1997 y 2003.



**Figura 7.** Densidad promedio anual de crías de *C. acutus* observadas en Cuixmala y Cabeza de Indio entre 1997 y 2003.

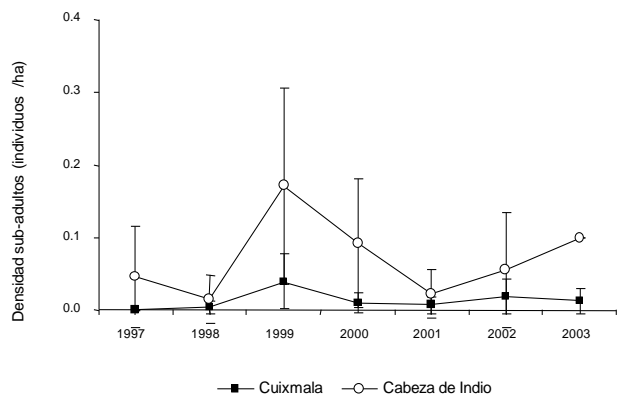
Al igual que en las crías, la densidad promedio de juveniles (Figura 8) fue significativamente mayor en Cuixmala que en Cabeza de Indio ( $0,4 \pm 0,2$  ind/ha y  $0,2 \pm 0,1$  ind/ha, respectivamente, ANOVA;  $F_{1,1} = 16,80$ ;  $p = 0,006$ ) a través de los años con fluctuaciones anuales similares en la densidad promedio de juveniles en ambos sitios y con un incremento en Cuixmala entre el 2001 y 2003 mientras que en Cabeza de Indio fue disminuyendo. A diferencia de las clases de tamaño anteriores, no se encontraron diferencias significativas en la densidad promedio de cocodrilos subadultos entre Cuixmala y Cabeza de Indio (Figura 9) aunque ésta fue

ligeramente más alta en este último sitio pero no significativo ( $0,10 \pm 0,01$  ind/ha y  $0,14 \pm 0,21$  ind/ha respectivamente, ANOVA;  $F_{1,1} = 2,37$ ;  $p = 0,17$ ) y con valores más altos en las densidades promedio especialmente en los años 1999 y 2000.

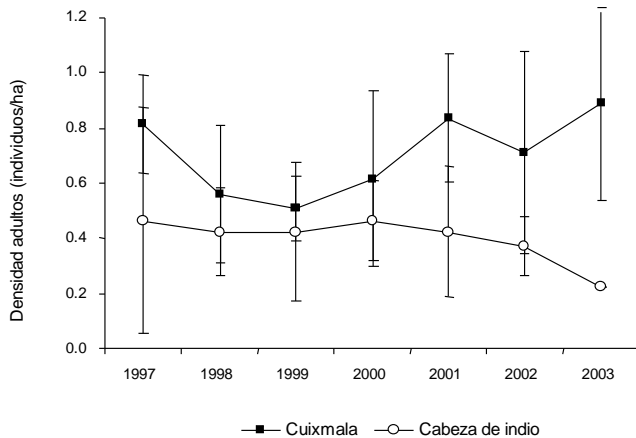


**Figura 8.** Densidad promedio anual de juveniles de *C. acutus* observados en Cuixmala y Cabeza de Indio entre 1997 y 2003.

La densidad promedio de adultos fue también significativamente mayor en Cuixmala que en Cabeza de Indio ( $0,70 \pm 0,15$  ind/ha y  $0,40 \pm 0,09$  ind/ha, respectivamente, ANOVA;  $F_{1,1} = 15,90$ ;  $p = 0,007$ ) diferencias que fueron mucho más marcadas hacia los años finales de este estudio (2001 a 2003) cuando en Cuixmala fue en aumento mientras que en Cabeza de Indio fue disminuyendo (Figura 10).



**Figura 9.** Densidad promedio anual de subadultos de *C. acutus* observados en Cuixmala y Cabeza de Indio entre 1997 y 2003.



**Figura 10.** Densidad promedio anual de adultos de *C. acutus* observados en Cuixmala y Cabeza de Indio entre 1997 y 2003.

## Discusión

La población de cocodrilos de Chamela–Cuixmala ha registrado un incremento considerable desde que se dio prioridad a su investigación y conservación en 1987 mediante la restauración de los cuerpos de agua en Cuixmala, las acciones de protección de la población y la de nidos y crías por parte de la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., así como la creación en 1993, de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, promovida por la Universidad Nacional Autónoma de México y Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C, aseguró la protección a largo plazo de esta población y su hábitat (Ceballos *et al.* 1999; Thorbjarnarson 1999). Dicho incremento ha sido más notorio en Cuixmala que en Cabeza de Indio probablemente debido a la restauración de los cuerpos de agua en Cuixmala realizada entre 1988 y 1989, y que se refleja en el incremento en el número de individuos, de un inicial de 35 registrados en 1986 (Ceballos *et al.* 1987) hasta alrededor de 200 individuos entre 1989 y 1992 (Casas-Andreu & Méndez de la Cruz 1992, Méndez & Casas-Andreu 1992, De Luna 1995) y más recientemente en los 440 estimados en este estudio. La anterior aseveración se ve confirma por el incremento en el número de nidos registrados (Valtierra-Azotla 2007), la mayor proporción de adultos observados en años recientes y altas densidades poblacionales registradas. El tamaño poblacional de estimado en este estudio es aproximado a lo señalado por Thorbjarnarson (1999)

quien menciona que esta población podría contener entre 500 y 600 individuos.

El incremento en el número de nidos en Chamela Cuixmala es notable. Las primeras investigaciones de la actividad reproductiva de *C. acutus* en el área de estudio llevadas a cabo entre 1988 y 1989 reportan la existencia de 10 nidos (Casas-Andreu *et al.* 1990, Casas-Andreu & Méndez 1992, Méndez & Casas-Andreu 1992) mientras que para el periodo de 1989-1993 se registran en total 28 nidos (Casas-Andreu 2003) lo que daría un aumento de alrededor de 5 nidos por año para ese periodo. Entre 1997 y 2003 se registró un promedio de 34 nidos por año con un máximo (40 nidos) en el 2002 y un mínimo (28 nidos) en 1999 (Valtierra-Azotla 2007). Así el promedio de nidos registrados por año en tiempos recientes es por lo menos un 300% mayor que el registrado entre 1988 y 1993 lo que sugiere que la población va en franco aumento y cuenta con las condiciones adecuadas para mantenerse a largo plazo como se observa en la estabilización de la estructura de las clases de tamaño hacia años recientes.

El único estudio previo para determinar la estructura poblacional de *C. acutus* en la reserva fue llevado a cabo a fines de julio de 1988 (Lazcano 1989) en el que los porcentajes por clase de edad para juveniles, subadultos y adultos para 31 cocodrilos capturados fue 45%, 30% y 25% respectivamente, sin registrarse la presencia de crías a pesar de que muy probablemente ya habían eclosionado (Casas-Andreu & Méndez de la Cruz 1992, Casas-Andreu 2003, Valtierra-Azotla 2007). Los resultados de nuestro estudio sugieren una estabilización de la estructura por tamaños a través del tiempo, iniciando con una proporción de crías mucho mayor a la de adultos y ésta a su vez que la de subadultos, para posteriormente registrar el incremento del porcentaje de adultos en relación a la de jóvenes y subadultos y una disminución en el de las crías. Lo anterior corrobora la idea de una recuperación de la población y una estabilización de estructura de tamaños en la población como ha sido reportado para otras poblaciones que durante el proceso de recuperación se registra un alto porcentaje individuos de tallas pequeñas siendo y un menor porcentaje de

individuos de tallas intermedias y adultos, mientras que en poblaciones que han sido protegidas, como en los sistemas ribereños del norte de Australia, se registra un incremento en la proporción de adultos y una mayor actividad reproductiva (Gaby *et al.* 1985, Thorbjarnarson 1988, Webb *et al.* 2000).

El escaso porcentaje de subadultos dentro de la población en Chamela-Cuixmala fue una característica notable durante los conteos. Al parecer el reducido número del componente de subadultos es un rasgo general de la mayoría de las poblaciones de cocodrilos (Thorbjarnarson 1988). En un estudio sobre la dinámica poblacional de *C. porosus* en el norte de Australia, se observó una escasez significativa de animales de esta talla dentro de la población (Webb *et al.* 2000). Algunas razones propuestas para explicar la aparente escasez de subadultos como puede ser un rápido crecimiento de los juveniles, una conducta extremadamente cautelosa, la ocupación de hábitats marginales, la migración hacia otros sitios, o una alta mortalidad de juveniles (Messel & Vorlicek 1987, Thorbjarnarson 1988, Hutton 1989). Los valores de densidad encontrados en este estudio indican que la mayor cantidad de cocodrilos subadultos se encontraron en la Laguna Limbo, en la zona de Cabeza de Indio. Durante los recorridos nocturnos, los individuos de ésta categoría se encontraban generalmente en las partes más alejadas de este cuerpo de agua, en lugares caracterizados por aguas muy someras y en donde era muy difícil el acceso en lancha. La poca profundidad de ese sitio (en algunas ocasiones 0,5 m de profundidad) y la densidad del manglar, probablemente proporcionan a los subadultos las condiciones adecuadas para poder esconderse y al mismo tiempo detectar con mayor facilidad la incursión eventual de los cocodrilos adultos, cuyos movimientos se hacen más evidentes en aguas someras, debido a su tamaño y corpulencia. Durante el presente estudio se llevaron a cabo algunos recorridos por el río Cuitzmala, que si bien no fueron sistemáticos corroboraron la existencia de una mayor proporción de cocodrilos subadultos en dicho lugar que en las áreas muestreadas en este estudio, lo que sugiere que el río Cuitzmala juega un papel importante en la dinámica poblacional de la especie. Por otro lado, de manera ocasional y durante la época de lluvias, fueron observados cinco cocodrilos

(en diferentes años) de 1 a 2 m de tamaño cruzando la playa de Cuixmala en su camino hacia el mar, probablemente para dispersarse.

La densidad promedio estimada (ind/km) de la población de *C. acutus* de Chamela-Cuixmala es relativamente alta. Las densidades promedio registradas en los dos canales de Cuixmala (20 y 32 ind/km) están por arriba de lo reportado en 1989 para esta población (Casas-Andreu & Méndez de la Cruz 1992) y por arriba de lo citado por Thorbjarnarson (1988, 1989) de 16,05 ind/km y 21,25 ind/km en Haití, o para poblaciones en Guanacaste, Costa Rica (densidad relativa aproximada 12 ind/km, Sánchez-Ramírez 2001). Sin embargo, aun están por debajo de otras densidades reportadas por ejemplo en el estero Boca Negra en Jalisco (51,2 ind/km: Cupul-Magaña *et al.* 2002) y para el estero la Ventanilla en Oaxaca (47,3 ind/km: Espinosa-Reyes & García-Grajales 2001).

Los resultados muestran que la población ha aumentado, evidenciando una clara recuperación, lo cual es un ejemplo del efecto conjunto de la conservación del hábitat y de la especie en México y probablemente en el Neotrópico. Aunque es sabido que la adaptabilidad de *C. acutus* en términos de requerimientos de hábitat se extiende al uso de hábitats perturbados o hechos por el hombre (Thorbjarnarson 1989), no existe un trabajo previo para la especie que de cuenta de la respuesta de la misma a nuevas condiciones de hábitat en el largo plazo. En resumen, las lecciones en conservación de este estudio son las siguientes:

1. el Cocodrilo de Río es una especie muy adaptable que puede coexistir con el humano y mantener excelentes poblaciones en ambientes dominados por las acciones humanas. Esto implica que con una plan de conservación y manejo adecuado, las poblaciones pueden recuperarse rápidamente a tal grado que puedan ser incluso volver a ser explotadas a través de un programa de manejo y aprovechamiento sustentable a largo plazo. Evidentemente esto puede representar un incentivo para los pobladores de la región pero requerirá de



- políticas novedosas para lograr se exitosa aplicación.
2. la restauración y conservación de los humedales de Chamela-Cuixmala ha logrado la recuperación y estabilización de la población de *C. acutus* la cual es sin duda, una de las más importantes en el Pacífico mexicano.
  3. este proyecto ha demostrado también que la recuperación de la población de *C. acutus* de Chamela-Cuixmala no requirió de grandes inversiones sino más bien de un esfuerzo y sostenido y voluntad de proteger a esta especie.
  4. es claro que los resultados de nuestro trabajo en Chamela-Cuixmala pueden ser replicados en otras regiones a lo largo del ámbito geográfico de distribución de *C. acutus* pero con las modificaciones o adecuaciones pertinentes que deriven de las condiciones ambientales locales y de las peculiaridades de cada población.

En tiempos en los que enfrentamos uno de los mayores desafíos ambientales de la humanidad, estudios como el nuestro prueban que es posible la unión de ciencia básica y aplicada que redunde en la conservación de la fauna silvestre que se compagina con los proyectos de desarrollo. Esto ofrece una enorme esperanza para las siguientes generaciones, en su reto por conservar sus recursos naturales a la par del desarrollo.

### Agradecimientos

Dedicamos este trabajo a Sir James Goldsmith por su generosidad y su visión que llevó a la creación de la Reserva de la biosfera Chamela – Cuixmala. Agradecemos todo el apoyo recibido por parte de la familia Goldsmith y la Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., sin el cual este trabajo no podría haberse realizado.

### Literatura citada

- Álvarez del Toro M. 1974. Los Crocodylia de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, 70p.
- Bayliss P. 1987. Survey methods and monitoring within crocodile management programmes. Pp: 157-175. En: G.J. W. Webb, S.C. Manolis y P.J. Wittehead (Eds). Wildlife management: Crocodiles and Alligators. Surrey Beatty and Sons Pty Ltd. Chipping Norton, Australia.
- Carvajal RI, Saavedra M & Álava JJ. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Revista de Biología Marina y Oceanografía 40: 141–150.
- Casas-Andreu G. 2003. Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 89: 111-128.
- Casas-Andreu G & Guzmán MA. 1970. Estado actual de las investigaciones sobre cocodrilos mexicanos. Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras. 50.
- Casas-Andreu G & Méndez de la Cruz FR. 1992. Observaciones sobre la ecología de *Crocodylus acutus* en el Río Cuitzmala, Jalisco, México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 43: 71-80.
- Ceballos G, Pérez-Jiménez A, García A, Berlanga H, Coro-Arizmendi M & Ornelas F. 1987. The Cuitzmala Ecological Report. Cuitzmala, Jalisco. Reporte impreso. 75pp.
- Ceballos G, Székely A, García A, Rodríguez P & Noguera F. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, México, D.F.
- Cupul-Magaña FG, Rubio-DelgadoA, Reyes-Juárez A & Hernández-Hurtado H. 2002. Sondeo poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) en el estero Boca Negra, Jalisco. Ciencia y Mar 6: 45-50.
- De Luna CO. 1996. Fluctuación anual de la densidad de una población de *Crocodylus acutus* en Cuitzmala, Jalisco, México. Boletín de la Sociedad. Herpetología Mexicana. 7: 15-16.
- Espinosa-Reyes G & García-Grajales J. 2001. Densidad poblacional y estructura por tallas de la población del cocodrilo de río (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807)

- en el estero de la Ventanilla, Oaxaca. Pp: 29-39, En Memorias de la Tercera Reunión de Trabajo del Subcomité COMACROM, Culiacán, Sinaloa, México.
- Gaby R, McMahon MP, Mazzotti FJ, Gillies WN & Wilcox JR. 1985. Ecology of a population of *Crocodylus acutus* at a power plant site in Florida. *Journal of Herpetology* 19: 189-198.
- García-Grajales J, Aguirre-León G & Contreras-Hernández A. 2007. Tamaño y Estructura Poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) en el Estero La Ventanilla, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 23: 53-71.
- Hernández H, García de Quevedo R & Hernández PS. 2006. Los cocodrilos de la costa Pacífico occidental (Michoacán, Colima y Jalisco) de México. En: Jiménez, M del C. y E. Espino (Eds). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. SAGARPA. México. 375-389p.
- Herrera P. 1989. Situación actual del comercio de cocodrilos en el sureste de México. Tesis de Licenciatura. ENEP, Iztacala. UNAM, México, D.F. 71 p.
- Hutton JM. 1989. Movements, home range, dispersal and the separation of size classes in Nile crocodiles. *American Zoologist* 29:1033-1049.
- King FW & Burke RL. 1989. Crocodylian, tuatara, y turtle species of the World. A taxonomic and geographic referente. Association of Systematics Collections, Washington, D.C.
- Kushlan J & Mazzotti FJ. 1989. The population biology of the American crocodile. *Journal of Herpetology* 23: 7-21.
- Lazcano-Barrero MA. 1989. Report of the status and conservation of the American crocodile population in Cuixmala, Jalisco, México. Department of Wildlife and Range Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Méndez de la Cruz FR & Casas-Andreu G. 1992. Status y distribución de *Crocodylus acutus* en la costa de Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 63: 125-133.
- Messel H & Vorliceck GC. 1987. A population model for *Crocodylus porosus* in the Tidal Waterways of Northern Australia: Management implications. Pp: 189-198. En: G.J. W. Webb, S.C. Manolis y P.J. Whitehead (Eds). *Wildlife management: crocodiles and alligators*. Surrey Beatty and Sons Pty Ltd. Chipping Norton, Australia.
- Messel H, Vorliceck GC, Wells AG & Green WJ. 1981. Surveys of tidal river systems in Northern Territory of Australia and their crocodile populations. Monograph No. 1. Pergamon Press. Sydney.
- Moler PE. 1991. American crocodile population dynamics. Final report to study No. 7532, Florida Game and Fresh Water Fish Commission, Bureau of Wildlife Research; Tallahassee, Florida.
- Nichols JD. 1987. Population models and crocodile management. Pp. 177-187 En *Wildlife Management: Crocodiles and Alligators*, ed. by G.J.W. Webb, S.C. Manolis and P.J. Whitehead. Surrey Beatty and Sons: Chipping Norton.
- Noguera FA, Vega-Rivera JH, García-Aldrete AN & Quesada-Avendaño M (Eds.). 2002. Historia natural de Chamela. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 568 pp.
- Perez-Higareda G, Rangel-Rangel A & Smith HA. 1991. Maximum sizes of Morelet's and American crocodiles. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 27: 34-37.
- Platt SG & Thorbjarnarson JB. 2000. Status and conservation of the American crocodile *Crocodylus acutus* in Belize. *Biological Conservation* 96: 13-20.
- Sánchez J. 2001. Estado de la población de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) en el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. Reporte Final. Instituto Nacional de Biodiversidad. San José, Costa Rica. 49pp.
- Secretaría de Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1999. Proyecto conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México. México, D.F.
- Secretaría de Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo del 2002. México. D.F.
- Thorbjarnarson JB. 1988. The status and ecology of American crocodile in Haiti. *Bulletin of the Florida State Museum Biological Science* 33:1-86.
- Thorbjarnarson JB. 1989. Ecology of the American Crocodile, *Crocodylus acutus*. En *Crocodiles. Their ecology, management, and conservation*. IUCN Publication New Series. pp. 228-259.
- Thorbjarnarson JB. 1999. Report on a visit to the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve, Jalisco, Mexico. Recommendations for the management of crocodiles and the development of a research program. Unpublished Report. Wildlife Conservation Society .

Thorbjarnarson JB, Platt SG & Khaing ST. 2000. A population survey of the estuarine crocodile in the Ayeyarwady Delta, Myanmar. *Oryx* 34: 317-324.

Thorbjarnarson JB, Mazzotti F, Sanderson E, Buitrago F, Lazcano M, Minkowski K, Muñiz M, Ponce P, Sigler L, Soberón R, Trelancia AM & Velasco A. 2006. Regional habitat conservation priorities for the American crocodile. *Biological Conservation* 128: 25-36.

Valtierra-Azotla M. 2007. Ecología poblacional y reproductiva del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Tesis de Maestría en Conservación y Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 68pp.

Webb GJW, Britton A, Stirrat S, Manolis C & Ottley B. 2000. Recovery of Saltwater crocodiles (*Crocodylus porosus*) in the northern territory of Australia. Pp 195-234. En: *Crocodiles: Proceedings of the 15th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group*, IUCN-The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge UK.

Woodward AR & Moore CT. 1993. Use of Crocodylian night count data for population trend estimation. Presented at the 2nd Regional Conference of the Crocodile Specialist Group, Species Survival Comisión. IUCN The World Conservation Union, Held in Darwin, NT, Australia, 12-19. March 1993.

**Citar como:** García A, Valtierra-Azotla M, Cuarón A & Ceballos G. 2010. Tendencias poblaciones de *Crocodylus acutus* en condiciones de protección en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 1(2): 52 - 62