

Alejandro Villegas Castillo  
Carlos González-Rebeles Islas  
Javier Aldeco Ramírez

# Tópicos de estudio y conservación de los cocodrilos en México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



*“Tópicos de estudio y conservación de los cocodrilos en México”*

Primera edición: 2021

ISBN: 978-607-28-2259-7

D.R. © 2021 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Prolongación Canal de Miramontes 3855, Exhacienda San Juan de Dios  
Tlalpan, C.P. 14387, Ciudad de México

UNIDAD XOCHIMILCO

Programa Editorial División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Tel.: 5483 7000 ext. 3783

[editorialcbs@correo.xoc.uam.mx](mailto:editorialcbs@correo.xoc.uam.mx)

<https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx>

<https://publicaciones.xoc.uam.mx>

Esta obra fue dictaminada por pares académicos especialistas en el tema y avalada para su publicación por el Comité Editorial de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Xochimilco, de acuerdo con los lineamientos y políticas vigentes.

Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada o transmitida, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma y por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo y por escrito de los editores.

Hecho en México

## 5. MÉTODOS PRÁCTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS POBLACIONES DE COCODRILOS: UNA COMPILACIÓN ACTUALIZADA

*Jesús García-Grajales<sup>9</sup> y Alejandra Buenrostro-Silva<sup>10</sup>*

### 5.1 Introducción

En el estudio de las poblaciones silvestres de cocodrilos con frecuencia se plantea el razonamiento de cuantos cocodrilos existen en un ambiente determinado (Cupul, 2009), situación que forzosamente conduce al entendimiento del concepto de “abundancia”, misma que se considera como un atributo básico de cualquier población y se define en términos sencillos como el número de animales presentes en una población; sin embargo, esta situación es variable en el tiempo y el espacio (Mandujano, 2011) y proporciona información como una medida de cambio ecológico (Thompson, 2002). En el caso de los *Crocodylia*, la estimación de la abundancia permite evaluar y comparar, mediante el número de individuos, el estado de la población a través del tiempo (García-Grajales *et al.*, 2007) e incluso entre sitios o poblaciones (Sigler *et al.*, 2011; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2017), y como lo explica Cupul (2009), el conocimiento de dicho atributo permite tomar decisiones encaminadas a la protección,

9 Instituto de Recursos, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Oaxaca. Correo electrónico: archosaurio@yahoo.com.mx.

10 Instituto de Industrias, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Oaxaca.

explotación, remoción o incluso la extirpación de individuos de la población bajo estudio, además de ofrecer pautas importantes acerca del estatus de conservación de las especies (Lettink y Armstrong, 2003).

En las últimas décadas el conocimiento del número de cocodrilos presentes en un determinado ambiente ha sido la principal premisa en México, aunque la causa de tal razonamiento es variable en dependencia de las tres especies presentes; por ejemplo, para el caso de cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) la necesidad de saber el número de cocodrilos presentes en una laguna o estero se relaciona con el hecho de que es la principal especie involucrada en situaciones de conflicto entre humanos y cocodrilos (García-Grajales y Buenrostro Silva, 2019), por lo que es común que las personas en distintos puntos geográficos dentro de la distribución de la especie se cuestionen acerca del número de cocodrilos presentes en los cuerpos lagunares de la región; o bien, acerca de la posibilidad del aprovechamiento de ejemplares con fines comerciales, tal como sucede con el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*).

Desde mucho tiempo atrás los cocodrilos han sido objeto de interés para el ser humano, principalmente al utilizarlos como recurso para la obtención de carne, aunque su explotación más frecuente fue en el comercio de las pieles, actividad que adquirió un gran auge y ocasionó que las poblaciones de estos animales estuvieran en riesgo de desaparecer del medio silvestre (Sánchez, 2011); sin embargo, particularmente en México y después de algunas décadas, los esfuerzos de protección y conservación de las especies de cocodrilos han surtido efecto en las poblaciones de algunas especies de cocodrilos, por ejemplo, el cocodrilo de pantano (*C. moreletii*), especie en la que se ha demostrado, con datos estandarizados y sistemáticos a nivel nacional, que las poblaciones se encuentran en buen estado de conservación y con potencial para desarrollar proyectos productivos sustentables (Barrios y Cremieux, 2018). En cambio, la piel de las dos especies restantes de cocodrilos (*C. acutus* y *Caiman crocodilus*) que habitan en México no poseen la



serie de atributos deseables para la industria peletera, situación que los ha relegado de los esfuerzos gubernamentales para entender su situación poblacional a nivel nacional.

Particularmente en el caso del caimán (*Caiman crocodilus*) ha sido la especie que menos atención ha recibido, tanto de investigadores como de la población civil en los ambientes en donde esta especie se encuentra; ejemplo de esto es que recientemente se corroboró su restricción de distribución en el estado de Oaxaca, asignándolo de manera exclusiva al estado de Chiapas (Escobedo-Galván *et al.*, 2015). En la actualidad se han publicado algunos trabajos en México relacionados con los métodos empleados de manera más común para la cuantificación del número de cocodrilos (Cupul, 2009; Sigler *et al.*, 2011), así como el análisis de los métodos más empleados en los distintos estudios que se han realizado en este país (García-Grajales *et al.*, 2007). No obstante, a pesar de la existencia de estos trabajos, siguen existiendo errores comunes relacionados con la confusión de algunos conceptos básicos vinculados con la ecología de poblaciones, como, por ejemplo, el uso del término “censo”, utilizado erróneamente para referirse al conteo proporcional de individuos de una población, cuando en realidad el término se refiere al conteo total de todos los individuos presentes en una población.

Si tomamos en consideración la problemática de definir los límites reales de una población biológica, resulta que en la práctica es extremadamente difícil tener un conteo del número total de animales silvestres que constituyen a la población de interés (Southwood y Henderson 2003; Mandujano, 2011). Otro de los términos que también es erróneamente confundido es el concepto de “monitoreo”, utilizado con frecuencia para referirse de manera unitaria al conteo de una población, cuando en realidad el término hace referencia a la repetición sistemática, en forma periódica, de determinados métodos de muestreo que permitan conocer la tendencia de una determinada variable (la abundancia, por ejemplo) a través del tiempo (Sánchez, 2011).

Por otro lado, el entendimiento real del concepto de sistematización en los monitoreos es fundamental para lograr la mayor representatividad posible y con ello, posteriormente, lograr la comparación de resultados en distintos periodos, facilitando con ello la posibilidad de detectar tendencias (disminución, estabilidad o incremento) de la población silvestre para la toma de decisiones sobre acciones de conservación (Sánchez, 2011).

En el presente capítulo deseamos realizar una compilación de los métodos prácticos utilizados para la estimación de las poblaciones silvestres de cocodrilos, con la finalidad de fomentar el interés por el estudio de las poblaciones silvestres de los cocodrilos en México, retomando trabajos previos que han apoyado en el entendimiento de estos.

## **5.2 Técnicas y métodos comunes utilizados en las estimaciones poblacionales**

Es de suma importancia aclarar algunas nociones fundamentales en relación con las estimaciones poblacionales de cocodrilos, en primera instancia una técnica es el conjunto de procedimientos o recursos que se usan en la ciencia y que se adquieren por medio de la práctica y requieren habilidad individual, a diferencia del método que implica el modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un fin determinado. Con esta aclaración, deseamos introducir al lector a la noción de la técnica de “detección visual nocturna” (DVN) y que ha sido ampliamente utilizada para lograr las estimaciones poblacionales de cocodrilos en México (García-Grajales *et al.*, 2007) y en muchas partes del mundo (Sigler *et al.*, 2011). Dicha técnica se basa en dirigir, durante la noche, el haz de luz de una lámpara hacia los ojos de los cocodrilos (hasta una cierta distancia lineal en función del tamaño del espejo de agua), cuando la luz ingresa al interior de los ojos éste se refleja con un tapete de células (*tapetum lucidum*), que lo hace pasar a través de la retina un par de veces y facilita al coco-

drilo mejorar las imágenes nocturnas; sin embargo, el reflejo producido por el tapetum lucidum provoca un reflejo simultáneo de color naranja-rojizo (Chabreck, 1966; Cupul, 2009) que delatará la ubicación del cocodrilo y permitirá, entre otras cosas, estimar la distancia a la cual se encuentra, así como tener una ligera noción acerca del tamaño relativo del ejemplar (Cupul, 2009). Conforme la persona que dirige el haz de luz adquiere experiencia y la constante práctica, aprende a diferenciar el reflejo similar que produce el destello de algunos insectos (comúnmente arañas) y que ocasionalmente se confunde con el destello que producen los ojos de los cocodrilos, situación que podría generar un sesgo por contar individuos que no se relacionen con los cocodrilos.

La técnica de DVN ha sido, por mucho, la más empleada en los estudios poblacionales de cocodrilos debido principalmente al bajo costo que representa y su facilidad (García-Grajales y López Luna, 2010; García-Grajales *et al.*, 2007); sin embargo, como ya se expuso en un trabajo previo (García-Grajales *et al.*, 2007), su principal problemática es el posible sesgo en la detección visual de los ejemplares asociado tanto a variables físicas como ambientales. Entre las variables físicas que afectan a esta técnica se encuentra la cantidad de vegetación que exista entre el observador y el cocodrilo, el ancho y la forma del río, la sinuosidad del cuerpo de agua, la cantidad de canales secundarios que surgen a partir de una canal principal, la posición del cocodrilo con relación al campo de visión del observador (sumergido, flotando, parcialmente expuesto en la orilla del cuerpo de agua, entre otros), así como la intensidad y tipo de haz de luz empleado para la detección (Bayliss *et al.*, 1986; Ron *et al.*, 1998). Por otro lado, entre las variables ambientales se encuentran la velocidad del viento, lluvia, neblina, fase lunar en la que se desarrolla la técnica (Cerrato, 1991; Pacheco, 1996), temperatura del aire y agua (Motte, 1994; Aguilar-Olguín *et al.*, 2020), nivel de agua (Ron *et al.*, 1998), salinidad (Carvajal *et al.*, 2005, Aguilar-Olguín *et al.*, 2020) y la relación de todos estos factores con la cautela del organismo bajo observación, así como la experiencia del observador (Bayliss *et al.*, 1986; García-Grajales *et al.*, 2007).

Comúnmente la técnica de DVN ha sido combinada con el método de recorrido lineal en transecto, que consiste, básicamente y por las características acuáticas de los cocodrilos, en utilizar una pequeña lancha de fondo plano con una longitud recomendable entre tres y cinco metros. Una excelente descripción de esta combinación de la técnica con el método se puede leer en el trabajo de Sigler *et al.* (2011). Lo que vale la pena resaltar es el hecho de que esta combinación, si se realiza de manera constante y bajo las mismas condiciones y características, permitirá obtener en cada recorrido una cantidad de cocodrilos observados, mismos que representarán una medida indirecta de la abundancia mediante un índice, que representa un indicador de la abundancia en función de la fracción de la población que es posible observar (Choquenot y Webb, 1987; Sigler *et al.*, 2011).

El resultado final de aplicar esta combinación de la técnica DVN y el recorrido lineal en un trayecto determinado es el simple conteo de un determinado número de cocodrilos avistados en el cuerpo de agua recorrido; no obstante, este número obtenido es la base para el resto de las estimaciones y comparaciones que se explicarán más adelante, de ahí la importancia de hacer hincapié en entender la técnica y el método.

Siguiendo con el tema del número de cocodrilos avistados, también cabe señalar que, en la mayoría de los casos, además de detectar al cocodrilo mediante el destello rojizo de sus ojos con una lámpara, también se intenta establecer el posible tamaño del organismo a través de la distancia existente entre los ojos y el tamaño de la cabeza (Cupul, 2009). De manera práctica, un observador bien entrenado puede estimar la longitud entre la punta del hocico y la comisura anterior de los ojos; la estimación obtenida se multiplica por diez (Cedeño-Vázquez *et al.*, 2006) obteniendo con ello la aproximación de la longitud total del individuo (Cupul, 2009; Sigler *et al.*, 2011); sin embargo, no en todas las ocasiones es posible tener una clara referencia de estas dimensiones (longitud entre la punta del hocico y la comisura anterior



de los ojos) por distintas situaciones como la distancia del observador al cocodrilo y la cantidad de vegetación que existe entre el observador y el organismo, principalmente; por tanto, el grado de acierto en la asignación de un tamaño determinado (longitud total) disminuye en proporción inversa a la distancia a la que se ha observado al organismo. Cuando esto sucede lo deseable es registrar al organismo como “sólo ojos”, haciendo referencia a la dificultad de establecer la estimación de la longitud y evitando generar con ello un sesgo en alguna de las categorías de tamaño.

Las categorías de tamaño que se han establecido varían de acuerdo con las especies; por tanto, para el caso del cocodrilo americano (*C. acutus*) sugerimos revisar el trabajo de Thorbjarnarson (1989) y García-Grajales y Buenrostro Silva (2014). Para el caso del cocodrilo de pantano (*C. moreletii*) sugerimos revisar el trabajo de Sigler *et al.*, (2011), mientras que para el caso del caimán (*Caiman crocodilus*) sugerimos leer el trabajo de Martínez Ibarra *et al.*, (1997). No obstante, a la fecha se han creado diferentes categorías para las tres especies que existen en México, algunas de forma más arbitraria que otras, y eso ha provocado que exista confusión respecto a cuál criterio es más recomendable seguir.

Como bien lo describen Sigler *et al.*, (2011), no se recomienda considerar en los registros (observaciones) a los neonatos debido a su alta tasa de mortalidad natural, situación que podría generar un sesgo en el número de individuos observados. Otra situación común al realizar la detección de los individuos, es indicar la zona dentro del cuerpo de agua en la que se observa al organismo; es decir, si el cocodrilo se detecta flotando en el agua, bajo el manglar, en las orillas del cuerpo de agua desprovistas de vegetación, o incluso si el animal se detectó fuera del agua. Estos datos proporcionarán información del tipo de uso de hábitat que los animales realizan al momento de los conteos y, cuando se realiza en varias ocasiones, se puede detectar una tendencia en el uso de hábitat por clases de tamaño.

No menos importante es hacer notar que la captura de la información durante este proceso (DVN) se realice de forma sencilla en un pequeño formato que nos permitirá recabar la información para su posterior análisis. Al momento de realizar el muestreo nocturno aplicando la técnica de la DVN, el resultado en cada observación se refleja como una simple anotación de la estimación del tamaño, el sitio donde se observó al ejemplar y es recomendable que se anote la hora en que se realizó la observación. La razón de esta última anotación es para detectar (por tiempo) los probables sitios en donde se agrupen los individuos, una vez que se realicen varios conteos en el mismo transecto o canal. Asimismo, es imperante señalar que la sistematización incluye el hecho de que el equipo de trabajo que inicie los conteos sea siempre el mismo con el fin de fijar el error asociado al observador y no se vuelva un sesgo en cada ocasión de muestreo. Dicho lo anterior, por cada ocasión de muestreo se tendrá un determinado número de cocodrilos observados.

### **5.3 Uso de los métodos prácticos para la cuantificación poblacional de cocodrilos**

Actualmente sólo unos cuantos métodos (tasas de encuentro, método del valor máximo y método de Messel *et al.*, 1981) son los más utilizados en la cuantificación de las poblaciones silvestres de cocodrilos; la razón de esto radica en su practicidad, aunado al hecho de que basan la estimación a partir de las observaciones que se obtienen en la DVN. Si consideramos que esta técnica, en conjunto con el método del recorrido lineal en transecto, se realiza con un bajo costo y pocos requerimientos, se entenderá la razón de su mayor uso en el estudio de las poblaciones silvestres de cocodrilos.

### 5.3.1 *Las tasas de encuentro*

Uno de los métodos más prácticos y comunes en las estimaciones poblacionales es la estimación de la tasa de encuentro (TE), este método es el más sencillo y también el más utilizado cuando se realizan los conteos poblacionales de cocodrilos debido a que se obtiene al dividir el número de individuos observados al término de cada muestreo entre la distancia recorrida en kilómetros lineales, expresando el resultado en términos de individuos/km lineal. La TE es por tanto un índice que se refiere al número de animales encontrados u observados a lo largo de un recorrido nocturno y, debido a que no es posible observar a todos los cocodrilos presentes en un cuerpo lagunar, se puede asumir que la relación entre la TE y el número de cocodrilos presentes en ese sitio se mantiene constante entre cada muestreo; lo que permite suponer que cualquier cambio en la TE significará un cambio proporcional en la población real (Bayliss, 1987; Platt y Thorbjarnarson, 2000; Singler *et al.*, 2011).

### 5.3.2 *Método del valor máximo observado*

Este método también es muy sencillo de realizar y fue propuesto por King y Messel (en Cerrato, 1991); sin embargo, se recomienda utilizarlo cuando, en distancias pequeñas y tras realizar conteos en noches consecutivas o incluso en una misma noche, se debe tomar la decisión de cuál conteo utilizar para realizar otro método de estimación poblacional. En este caso, el método consiste en seleccionar entre dos conteos consecutivos, preferentemente de la misma noche, a aquel que haya arrojado el número más alto de cocodrilos observados, representando por tanto el número mínimo existente en la población real.

### *5.3.3 Método de Messel et al., (1981)*

Este es el método que se ha utilizado en varios trabajos que realizan estimaciones poblaciones de cocodrilos en México; por ejemplo, Cupul *et al.*, (2002); Brandon (2007); Hernández *et al.*, (2011), García Grajales y Buenrostro Silva (2014; 2015; 2017) y Aguilar-Olguín *et al.*, (2020). El método supone que los ejemplares observados representan la fracción visible de la población que pudieron ser detectados por el haz de luz empleado para la DVN, aunque pudieron existir otros ejemplares más que permanecían sumergidos bajo el agua al momento del conteo, no se encontraban dentro del área del recorrido o la vegetación les proporcionó una buena protección (Schubert y Méndez, 2000; Escobedo-Galván, 2003; Cherkiss *et al.*, 2006; Cupul, 2009). Cuando los conteos se realizan en varias ocasiones bajo este método, es posible observar las tendencias entre sitios, entre grupos de organismos o incluso entre años, facilitando la toma de decisiones al reconocer una posible tendencia. En este sentido y para facilitar el entendimiento de las tendencias, mostramos la figura 5.1, que muestra la comparación del tamaño poblacional entre distintos transectos en una Área Natural Protegida de México. Como podrá observar, resalta el hecho de que un transecto en particular muestra un mayor tamaño poblacional a diferencia del resto de los transectos y que a lo largo de un determinado periodo las fluctuaciones en el número de cocodrilos muestran una tendencia estable.



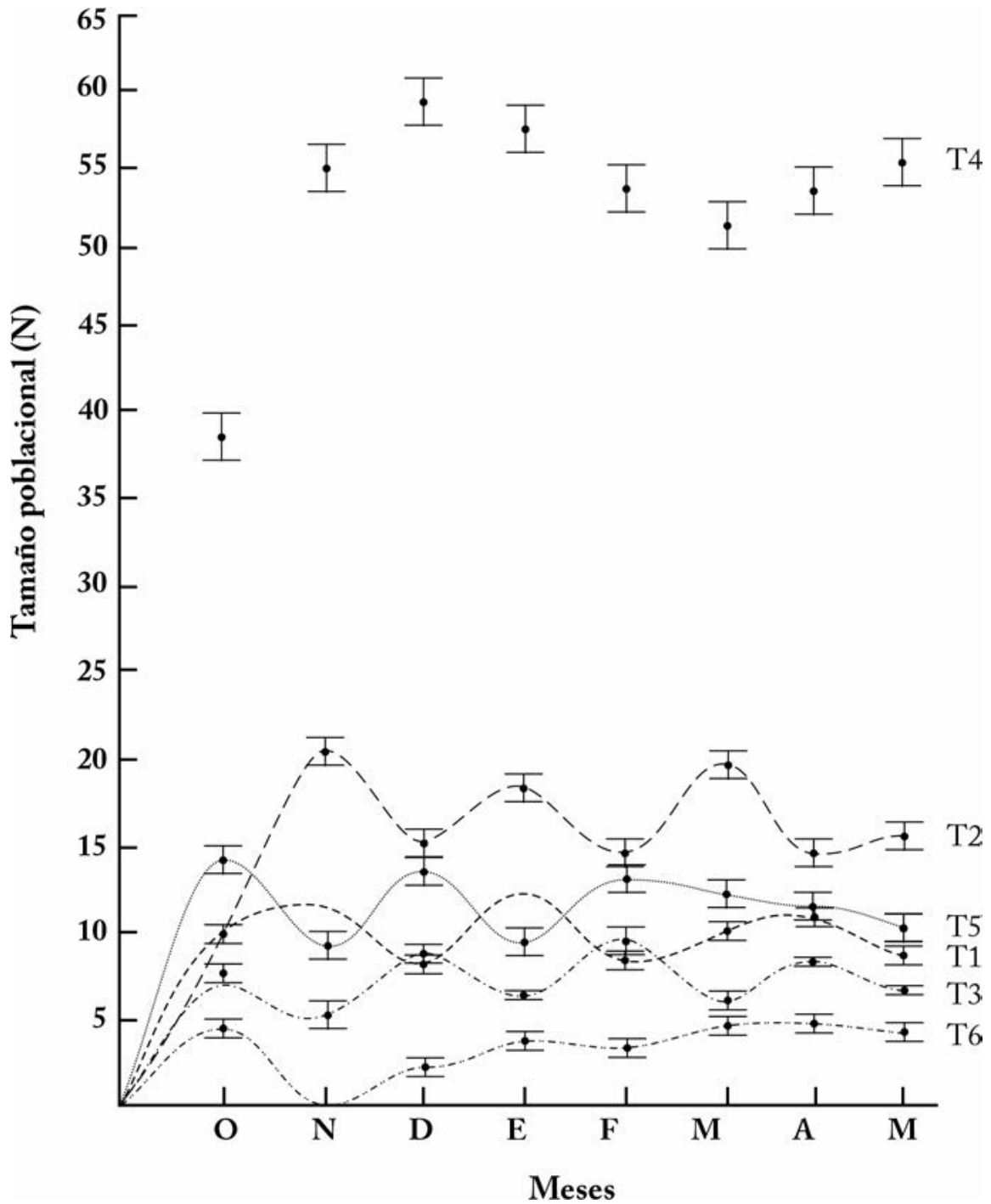


Figura 5.1. Estimaciones poblaciones realizadas en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, México utilizando el método de Messel *et al.* (1981). Tomado de García-Grajales y Buenrostro-Silva, (2017).

## 5.4 Aspectos relacionados con los métodos de captura-recaptura

Particularmente en México, los métodos de captura-recaptura (CR) han sido poco utilizados debido a que es necesaria la captura de individuos para su marcaje (identificación individual) y liberación posterior; sin embargo, este proceso genera que los individuos capturados modifiquen su comportamiento y por tanto se afecten las probabilidades de captura; es decir, los organismos sujetos a un proceso de estrés como producto de la captura y manipulación para su medición y marcaje incrementan su cautela y tienden a aumentar sus distancias de escape en relación a la fuente de disturbio (Ron *et al.*, 1998; García-Grajales *et al.*, 2007) para las ocasiones posteriores, lo que resulta en menores tasas de recaptura y por ende en un sesgo en las estimaciones.

Los métodos de marcaje y recaptura son de utilidad cuando se quiere establecer un programa de largo plazo en el que, sin la necesidad de realizar capturas frecuentes, se pueda dar un seguimiento con cierta periodicidad a los organismos y con ello reconocer características puntuales como el incremento en las tasas de crecimiento o en la ganancia o pérdida de peso del individuo recapturado, o incluso, el conocimiento de las tasas de crecimiento permite establecer la estimación de la edad de los individuos (Cupul *et al.*, 2002; Charruau *et al.*, 2010; Charruau, 2011; García-Grajales *et al.*, 2012).

Una descripción a detalle de las técnicas de captura puede ser leída en el trabajo de Domínguez-Laso *et al.* (2011); no obstante, a manera de sugerencia particular se recomienda que no se combine el método de CR con la técnica de DVN, precisamente porque el primero puede generar un sesgo para la detección de los individuos al incrementar estos su cautela y por ende observar cada vez menos individuos durante los recorridos nocturnos.

## 5.5 Los estudios en relación con las estimaciones poblacionales utilizando los métodos prácticos

Otra forma de entender la aplicación de las técnicas y los métodos más comunes en el estudio de las poblaciones silvestres de los cocodrilos, es leyendo los trabajos que se han publicado para tal fin; es decir, revisando lo que se ya se ha hecho en México y en el mundo hasta el momento en cuanto a los métodos para la estimación de las poblaciones silvestres de cocodrilos. En este caso, basta decir que en México se ha publicado una serie de trabajos relacionados a estos métodos; sin embargo, considerando la distribución de las especies y la relación de trabajos por regiones, los estudios poblacionales son muy escasos; aunque vale la pena aclarar que en el caso particular de *C. moreletii* la situación es diferente, precisamente porque se desarrolló un programa institucional a gran escala impulsado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) que, a partir de estimaciones poblacionales basadas en la técnica de DVN y MRE, se logró realizar una serie de estimaciones de sus poblaciones en el ámbito de distribución de esta especie (Sánchez *et al.*, 2011).

Un estudio realizado en la isla Coiba, Panamá (Balaguera-Reina *et al.*, 2018) elaboró una estimación del tamaño poblacional del cocodrilo americano comparando los métodos utilizados en la DVN y los de marca-recaptura, analizando y comparando además los sesgos en cada uno de los métodos utilizados en ese estudio. Como producto de este análisis se recomienda utilizar diferentes enfoques metodológicos en este tipo de estimaciones para obtener resultados más precisos. Previamente, sugerencias similares a lo recomendado en Panamá se habían realizado en Ecuador (Ron *et al.*, 1998) y México (García-Grajales *et al.*, 2007) en donde la propuesta es realizar diseños de muestreos que involucren el uso de dos métodos de manera alterna para un mismo sitio, realizando muestreos bimestralmente con el fin de disminuir la frecuencia de disturbio y obtener estimaciones menos sesgadas de las poblaciones.

## 5.6 ¿Por qué sirven los métodos prácticos de estimación poblacional de cocodrilos?

Las estimaciones poblacionales que se obtienen a través de los métodos prácticos —en la mayoría de las ocasiones— sirven para la toma de decisiones en cuanto a la necesidad de proteger o recuperar a una determinada especie, o en algunos casos para realizar el aprovechamiento de la especie con base en un monitoreo poblacional confiable; es decir, se debe conocer aproximadamente cuántos cocodrilos se encuentran en un área determinada, ya que a partir de esta información es como sabremos cuántos animales se podrán aprovechar al año sin afectar a la población, o bien qué tan efectiva es un área para su protección.

El ejemplo más reciente de esta situación es el caso del cocodrilo de pantano, especie de gran valor comercial en el ámbito internacional y cuyas estimaciones —con base en los métodos prácticos— permitieron su transferencia del apéndice I al apéndice II, con cuota cero para ejemplares silvestres con fines comerciales (Sánchez *et al.*, 2011). Estas acciones promueven a la vez su conservación y aprovechamiento sustentable para evitar su sobreexplotación. Aunado a esto, con la información obtenida por lo métodos descritos en este trabajo más otras técnicas, fue posible establecer que las poblaciones silvestres de *C. moreletii* se encuentran en buen estado de conservación y con potencial para desarrollar proyectos productivos sustentables, como es el rancho de huevos (extracción de nidos en el medio silvestre) respaldados por las tasas de aprovechamiento correspondientes y dictámenes de extracción no perjudicial (Barrios y Cremieux, 2018).

Las crías, obtenidas por la extracción e incubación de huevos, se venderán a los criaderos o granjas (UMA intensivas registradas ante la DGVS) para el crecimiento, desarrollo y posterior aprovechamiento de ejemplares, con miras a la obtención de pieles de alta calidad para la exportación, en colaboración con las empresas de la moda (Barrios



y Cremieux, 2018). Otro ejemplo del para qué sirven los métodos prácticos de estimación poblacional de cocodrilos, se relaciona con las situaciones de interacción entre humanos y cocodrilos. A menudo, cuando ocurren este tipo de eventos lamentables, el principal cuestionamiento de las personas es ¿cuántos cocodrilos hay?, o en algunos casos incluso cuestionan si existe sobrepoblación de cocodrilos, situación que para las autoridades tanto ambientales como municipales es difícil responder. En el estado de Oaxaca, desde el año 2000 y hasta julio del año 2018, se habían reportado 34 casos de interacción entre humanos y cocodrilos; la mayoría de los casos han ocurrido en sistemas lagunares grandes, como el sistema Corralero-Alotengo o el sistema lagunar de Chacahua (García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2015; 2018). En el primer caso (Corralero-Alotengo) no se han realizado estudios poblacionales en esos cuerpos de agua y se desconoce completamente el tamaño de las poblaciones de cocodrilos, mientras que en el segundo caso (Chacahua), la información más reciente de esa zona (García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2017) muestra a una población que se mantiene estable y con una poblacional representativa concentrada en la laguna de Palmarito ( $47.9 \pm 0.4$  cocodrilos). Ambos sistemas lagunares requieren atención inmediata y urgente en términos de acciones de mitigación, ya que se observa una tendencia de incremento en las interacciones en estas áreas (García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2019, 2020).

Para proponer o tomar decisiones adecuadas sobre las acciones que mitiguen las interacciones entre humanos y cocodrilos, entre otras muchas cosas, se requiere conocimiento sobre el tamaño de las poblaciones silvestres —situación que se obtiene aplicando los métodos descritos en este trabajo— y una continuidad de la aplicación de estos métodos que genere una cantidad de información representativa de los sitios en evaluación.

Una opción para explorar la estimación del tamaño de poblaciones de cocodrilos es el método de probabilidad de ocupación y detec-

ción. Este utiliza datos de detección y no-detección; se puede calcular la probabilidad de ocupación de un sitio o la proporción de sitios ocupados por una especie. Con un diseño adecuado se puede estimar la proporción del área ocupada por una especie en particular. Se trata de un enfoque probabilístico que también permite evaluar si condiciones del hábitat u otras variables influyen positiva o negativamente sobre la presencia de la especie. La ventaja de este enfoque es que sólo usa el dato de presencia de la especie. Además, corrige la interpretación de los datos por la probabilidad de detectar a la especie, que difícilmente se puede asumir como perfecta (i.e. 100%), siendo factible que la especie se encuentre presente, pero la técnica de muestreo no sea capaz de detectarla (de la Maza y Bonacic, 2013).

## **Comentarios finales**

Los métodos prácticos aquí descritos fueron, son y continuarán siendo la base de las estimaciones poblacionales de los cocodrilos por su facilidad y bajo costo, a pesar de que existan desventajas en su aplicación; sin embargo, la necesidad de conocer el estado que guardan las poblaciones silvestres en un determinado momento es imperante dadas las situaciones que se han descrito en párrafos anteriores. Finalmente, la información que se genera con estos métodos prácticos es vital para la toma de decisiones acerca de las poblaciones silvestres de cocodrilos en México.

## Literatura citada

- Aguilar-Olguín S., M. C. Rivera-Rodríguez, H. Hernández-Hurtado, R. González-Trujillo, M. M. Ramírez-Martínez. 2020. Effect of vegetation and abiotic factors on the abundance and population structure of *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1806) in coastal lagoons of Colima, Mexico. *Amphibia & Reptile Conservation* 14(1): 174-182.
- Balaguera-Reina S. A., M. D. Venegas-Anaya, B. Rivera-Rivera, D. A. Morales Ramírez y L. D. Densmore. 2018. How to estimate population size in crocodylians? Population ecology of American crocodiles in Coiba Island as study case. *Ecosphere* 9(10): e02474
- Barrios G. y J. C. Cremieux. 2018. Protocolo de rancheo para el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México.
- Bayliss P. 1987. Survey methods and monitoring within crocodile management programmes. Pp. 157-175. En: Wildlife management: crocodiles and alligators. Webb, G. J. W., S. C. Manolis, y P. J. Whitehead (eds.). *Surrey Beatty and Sons*, Australia.
- Bayliss P., G. J. W. Webb, P. J. Whitehead, K. Dempsey y A. Smith. 1986. Estimating the abundance of saltwater crocodiles, *Crocodylus porosus* Shneider, in Tidal Wetlands of the Northern Territory: a mark-recapture experiment to correct spotlight counts to absolute numbers, and the calibration of helicopter and spotlights counts. *Australian Wildlife Research* 13:309-320.
- Brandon J. D. 2007. Estudio poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) en Jamiltepec, Oaxaca. *Ciencia y Mar* XI (33):29-37.
- Carvajal R. I., M. Saavedra y J. J. Alava. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) en la Reserva de Producción de Fauna El Salado del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(2):141-150.

- Cedeño-Vázquez J. R., J. P. Ross y S. Calmé 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, Mexico. *Herpetological Natural History* 10:17-30.
- Cerrato C. A. 1991. Composición y tamaño de las poblaciones silvestres de caimanes (*Caiman crocodylus chiapasius*) y cocodrilos (*Crocodylus acutus*) de la costa Caribe de Honduras, Centroamérica. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica.
- Chabreck R. H. 1966. Methods of determining the size and composition of alligator populations in Louisiana. Proceedings 20th Annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 20:105-112.
- Charruau P. 2011. Estimación de la edad de los cocodrilos (*Crocodylus acutus*) de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México. *Quehacer Científico en Chiapas* 1: 36-43.
- Charruau P., J. R. Cedeño-Vázquez, A. Villegas y H. González-Cortés 2010. Tasas de crecimiento del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en estado silvestre en la Península de Yucatán, México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 1:63-72.
- Cherkiss M. S., F. J. Mazzotti y K. G. Rice. 2006. Effects of shoreline vegetation on visibility of american crocodiles (*Crocodylus acutus*) during spotlight surveys. *Herpetological Review*, 37(1): 37-40.
- Choquenot D. y G. Webb 1987. A photographic technique for estimating the size of crocodilians seen in spotlight surveys and quantifying observer bias in estimating sizes. Pp. 217-224. En: Wildlife management: crocodiles and alligators. Webb, G. J. W., S. C. Manolis, y P. J. Whitehead (eds.). *Surrey Beatty and Sons*, Australia.
- Cupul M. F. G. 2009. ¡A contar cocodrilos! Comentarios y ejercicios básicos sobre algunos métodos para evaluar poblaciones silvestres. *Ciencia y Mar XIII* (38): 3-14.



- Cupul M. F. G., A. Rubio-Delgado, A. Reyes-Juárez y H. Hernández-Hurtado. 2002. Sondeo poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) en el estero boca Negra, Jalisco. *Ciencia y Mar* 6: 45-50.
- de la Maza, M. y C. Bonacic (Eds.). 2013. Manual para el monitoreo de fauna silvestre en Chile. *Serie Fauna Australis*, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Domínguez-Lasso J., O. Hinojosa-Falcón y S. Padilla-Paz 2011. Método de marcaje y recaptura de ejemplares (MRE). Pp. 129-185. En: Sánchez-Herrera, O., López-Segurajáuregui, G., A. García-Naranjo, y H. Benítez, (eds.). Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). México- Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- 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(1):136-140.
- Escobedo-Galván, A. H., G. Casas-Andreu y G. Barrios, 2015. On the occurrence of *Caiman crocodilus* in Oaxaca: a misunderstanding for over 140 years. *Mesoamerican Herpetology* 2(2):220-223.
- García-Grajales J. y A. Buenrostro-Silva. 2014. Abundancia y estructura poblacional de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la laguna Palmasola, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 62(1): 165-172.
- García-Grajales J. y A. Buenrostro-Silva 2015. Áreas de interacción entre humanos y cocodrilos (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) en Chacahua, Oaxaca, México. *Revista Agroproductividad* 8(5): 25-33.
- García-Grajales J. y A. Buenrostro-Silva. 2017. Estimación poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Parque

- Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 936-943.
- García-Grajales J. y A. Buenrostro-Silva 2018. Crocodile attacks in Oaxaca, Mexico: An update of its incidences and consequences for management and conservation. *Acta Universitaria* 28:1-8.
- García-Grajales J. y A. Buenrostro-Silva. 2019. Assessment of human-crocodile conflict in Mexico: patterns, trends and hotspots areas. *Marine and Freshwater Research* 70:708-720.
- García-Grajales J. y M. A. López-Luna. 2010. Análisis bibliográfico del conocimiento de los cocodrilianos en México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 1(2):25-31.
- García-Grajales J., A. Buenrostro-Silva y A. H. Escobedo-Galván. 2007. Análisis de los métodos usados para estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos (Crocodylia) en México. *Ciencia y Mar* XI 31:23-32.
- García-Grajales J., A. Buenrostro-Silva y P. Charruau. 2012. Growth and age of juvenile american crocodiles (*Crocodylus acutus*) in La Ventanilla Stuary, Oaxaca, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology* 7(3):330-338.
- Hernández H. H., J. J. Romero-Villarruel y P. S. Hernández. 2011. Ecología poblacional de *Crocodylus acutus* en los sistemas estuarinos de San Blas, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:887-895.
- Mandujano S. 2011. Ecología de poblaciones aplicada al manejo de fauna silvestre. *Cuatro conceptos* (N,  $\lambda$ , MSY, Pe). Instituto Literario de Veracruz S. C.
- Martínez-Ibarra J. A., E. Naranjo y K. C. Nelson 1997. Las poblaciones de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) y caimanes (*Caiman crocodilus*) en una zona pesquera de la reserva de la biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Vida Silvestre Neotropical* 6:21-28.

- Messel H, G. C. Vorlicek, A. G. Wells y W. J. Green. 1981. Survey of tidal river systems in the northern Territory of Australia and their crocodile populations. Monograph 1. The Blyth-Cadell river system study and the status of *Crocodylus porosus* in tidal waterways of Northern Australia. Methods for analysis, and dynamics of population of *C. porosus*. Pergamon Press, Sydney.
- Motte M. 1994. Abundancia, distribución e impacto de depredación del cocodrilo (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) sobre el ganado vacuno en las fincas aledañas al Río Grande de Tárcoles, Costa Rica. Tesis de maestría, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Universidad Autónoma Heredia, Costa Rica.
- Platt S. y J. Thorbjarnarson. 2000. Population status and conservation of *Crocodylus moreletii*, in northern Belize. *Biological Conservation* 96: 21-29.
- Ron S. R., A. Vallejo y E. Asanza 1998. Human influence on the wariness of *Melanosuchus niger* and *Caiman crocodilus* in Cuyabeno, Ecuador. *Journal of Herpetology* 32(3):320-324.
- Sánchez O. 2011. Introducción. Pp. 19-48. En: Sánchez Herrera O., G. López-Segurajáuregui, A. García-Naranjo y H. Benítez (eds.). Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). México- Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sánchez O., G. López-Segurajáuregui, A. García-Naranjo y H. Benítez 2011. Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). México- Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Schubert A. y H. Méndez. 2000. Métodos para estimar el tamaño de la población del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Lago Enriquillo, República Dominicana. Pp. 372-381. En: Crocodiles. Proceedings of the 15th Working Meeting of the Crocodile

Specialist Group, IUCN. The World Conservation Union, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

Sigler L., J. R. Cedeño-Vázquez y F. Cupul. 2011. Método de detección visual nocturna (DVN). Pp. 105-127. En: Sánchez-Herrera, O., G. López-Segurajáuregui, A. García-Naranjo y H. Benítez (Eds.), Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). México - Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Thorbjarnarson J. 1989. Ecology of American crocodile, *Crocodylus acutus*. Pp. 228-259. En: Anónimo (ed.), Crocodiles, their ecology, management and conservation. *IUCN Publications New Series*.

Zar J. H. 2009. *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall.