

## Análisis de los métodos usados para estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos (*Crocodylia*) en México

Jesús García-Grajales \*, Alejandra Buenrostro-Silva\*\* & Armando H. Escobedo-Galván\*\*\*

### Resumen

**Análisis de los métodos usados para estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos (*Crocodylia*) en México.** Se realizó un análisis acerca de los métodos usados para estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos en México. La finalidad fue determinar si los métodos empleados para estimar el tamaño de las poblaciones silvestres de estos reptiles son adecuados con base a sus ventajas y desventajas, y sugerir la estandarización de los métodos para su cuantificación a través del tiempo. Se recopilaron 27 trabajos realizados en México hasta principios del año 2007; 92.6% de los estudios emplearon el método convencional de conteos visuales nocturnos, el 7.4% restante fueron estudios que emplearon el método de captura-recaptura con el modelo del estimador geométrico de frecuencia de capturas. De las 27 referencias, el 37% son tesis, el 29.7% son artículos de divulgación publicados en revistas no arbitradas, el 25.9% son artículos específicos sobre cocodrilos publicados en revistas arbitradas, un 3.7% es por un trabajo publicado en extenso en las memorias de un congreso y otro

### Abstract

**Analysis of the used methods to estimate the abundance of the wild populations of crocodilians (*Crocodylia*) in Mexico.** We analyzed information about methods used for estimate the crocodilian wildlife population abundance in Mexico. The purpose was determine if the methods used for estimate the crocodilian wildlife population abundance are suitable on basis its advantages and disadvantages and suggest the standardization of methods for the quantification across the time. Twenty-seven papers written until beginning of the year 2007 were compiled; 92.6% used the conventional method of spotlight counts, and 7.4% were studies that used the capture-recapture method using the geometric estimator of the capture frequency model. Of the 27 references, 37% were thesis, 29.7% were papers in popular science magazines, 25.9% were peer reviewed papers on crocodilians, 3.7% was an abstract in meeting proceedings and 3.7% was a technical report. We found that all studies had duration of one year approximately and there was variation of methods between different localities. With this

### Résumé

**Analyse des méthodes mises en œuvre pour estimer l'abondance des populations silvestres de crocodiliens (*Crocodylia*) au Mexique.** Une analyse des méthodes utilisées pour estimer l'abondance des populations silvestres de crocodiliens au Mexique est présentée. L'objectif est de déterminer si les méthodes employées pour estimer la taille de ces populations sont adéquates, en base à leurs avantages et inconvénients, et de suggérer la standardisation des méthodes de quantification dans le temps. Pour 27 travaux réalisés au Mexique jusqu'au début de l'année 2007: 92.6 % emploient la méthode conventionnelle de dénombrements visuels nocturnes, et les 7.4% restants la méthode de capture-recapture, avec le modèle d'estimation géométrique de fréquences de captures. Des 27 références, 37% sont des thèses, 29.7% des articles de divulgation publiés dans des revues non arbitrées, 25.9% des articles spécifiques sur les crocodiles publiés dans des journaux arbitrés, 3.7% correspondent à un travail publié en mémoire de congrès et un autre 3.7% à un rapport technique. Toutes

\* Universidad del Mar, Instituto de Recursos, Ciudad Universitaria, campus Puerto Ángel, Apdo. Postal 47, Puerto Ángel, Oaxaca, 70902, México.

\*\* Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, Instituto de Recursos, km 3.5 carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, 71980, México.

\*\*\* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria 04510, México D.F.

Correos electrónicos: archosaurio@yahoo.com.mx, sba\_1575@yahoo.com.mx, elchorvis@gmail.com

3.7% es un reporte técnico. Se encontró que todos los estudios se limitaron a un periodo de investigación en campo inferior a los cinco años, con una alta frecuencia de estudios de tan sólo un año de duración y con variación de los métodos entre distintas localidades. Con esta información se recopiló información bibliográfica publicada referente a las ventajas y desventajas de los métodos empleados en la estimación de la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos. Se sugiere el diseño de muestreos que involucren el uso de dos métodos de manera alterna para un mismo sitio: 1) el conteo visual nocturno utilizando el método del valor máximo del número de individuos observados y, 2) la captura-recaptura apoyándose del estimador geométrico de frecuencias de capturas. Este enfoque busca estandarizar la metodología para la cuantificación de las poblaciones silvestres de manera que signifique un importante eslabón en la comprensión de las dinámicas poblacionales y estado de conservación de las especies de cocodrilianos que se distribuyen en México.

**Palabras clave:** Análisis bibliográfico, captura-recaptura, cocodrilos, conteo visual nocturno.

information we realized an analysis of the advantages and disadvantages of the methods used in the estimation of the crocodilian wildlife population abundance. On the basis of this analysis we propose a sampling design involving the use of two alternate methods for the same site: 1) the spotlight count using the method of the maximum number of observed individuals and, 2) the capture-recapture methods using the geometric estimator of the capture frequency model. This approach seeks to standardize the methodology for the quantification of crocodilian wildlife populations giving insight to the understanding of the population dynamics and conservation status of the crocodilian species of Mexico.

**Key words:** Bibliographical analysis, capture-recapture, crocodilians, spotlight counts.

les études se limitent à une période inférieure à cinq ans, avec bon nombre d'études de moins d'un an de durée, et des variations de méthodes entre localités. À cette information s'est ajoutée une recompilation bibliographique des avantages et inconvénients des méthodes utilisées pour estimer les populations de crocodiliens sauvages. Il est suggéré de mettre en œuvre les comptages en faisant intervenir les deux méthodes de façon alternée pour un même site : 1) le dénombrement visuel nocturne, en utilisant la méthode de la valeur maximale d'individus observés, et 2) la capture-recapture en s'appuyant sur l'estimation géométrique des fréquences de captures. Ceci vise à standardiser la méthodologie de quantification des populations sylvestres de façon à mieux comprendre les dynamiques populationnelles et l'état de préservation des espèces de crocodiliens qui se distribuent au Mexique.

**Mots-clés:** Analyse bibliographique, capture-recapture, crocodiles, dénombrement visuel nocturne.

## Introducción

La abundancia es un atributo de las poblaciones, variable en el tiempo y el espacio, y de singular importancia en el manejo de la fauna silvestre. Estimar la abundancia de una población nos permite evaluar y comparar su estado a través del tiempo en un área determinada. Asimismo, sirve como criterio de evaluación de la calidad del hábitat, en la asignación de cuotas de cosecha y en el seguimiento de planes de manejo, entre otras

cosas. Debido a esto, la estimación de la abundancia es una herramienta valiosa y versátil en la toma de decisiones para el manejo y conservación de la fauna (Ojasti & Dallmeier 2000, Williams *et al.* 2002). La abundancia se expresa en términos absolutos cuando se refiere al tamaño poblacional ( $N$ = número de individuos en la población) y a la densidad poblacional ( $D$ = número promedio de individuos por unidad de área), o en términos relativos, cuando se registran índices de abundancia relativa, que por lo general

toman en cuenta el número de animales o sus rastros por unidad de esfuerzo (Ojasti & Dallmeier 2000, Williams *et al.* 2002).

En México, la necesidad de estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos con métodos confiables y precisos, surgió desde hace varios años como respuesta a que constituyen un recurso faunístico muy valioso y son aptas para la implementación de programas de manejo apropiados bajo el concepto del uso sostenible (Ross 1995). Esto significa el manejo de las poblaciones silvestres para beneficio del ser humano y sus futuras generaciones de forma indefinida, sin afectar las funciones ecológicas de los cocodrilos en los ecosistemas donde habitan (Ross 1995, Ross & Godshalk 1997). Para el manejo de las poblaciones silvestres de cocodrilos, se requiere de información disponible y actualizada referente a las estimaciones de abundancia, las cuales permiten determinar los cambios a través del tiempo y a su vez conocer los efectos causados por la actividad humana o eventos estocásticos.

No obstante, se ha documentado que el tamaño real de las poblaciones silvestres de cocodrilianos es difícil de estimar (Llobet & Seijas 2003, Sarkis-Gonçalves *et al.* 2004, García-Grajales *et al.* 2007), por lo que el objetivo de este trabajo fue realizar el análisis sobre los métodos usados para la estimación de la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos en estudios realizados en México. La finalidad fue determinar si los métodos empleados para estimar el tamaño de las poblaciones silvestres de estos reptiles son adecuados con base a sus ventajas y desventajas, y para sugerir la estandarización de los métodos para su cuantificación a través del tiempo. Esta inquietud surgió de la lectura de los lineamientos generales del Proyecto Nacional para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Cocodrilos en México (COMACROM), que contempla la conservación de las especies de cocodrilos y caimán que habitan en México y la generación de estrategias adecuadas de

aprovechamiento de estas especies (Anónimo 2000), que para lograrlo se requiere estandarizar el uso de metodologías para el estudio de sus poblaciones silvestres.

## **Materiales y métodos**

Se realizó una revisión exhaustiva de la información publicada sobre estudios que abordaran temas relacionados con estimaciones de la abundancia de las especies de cocodrilianos que se distribuyen en México y generados hasta principios del año 2007. Esto se considero como criterio general para la inclusión de un trabajo dentro de este estudio. Para el análisis de esta información se utilizó la metodología descrita por Mandujano (2004), que recomienda realizar la búsqueda de la información en: artículos específicos sobre cocodrilos publicados en revistas arbitradas, artículos de divulgación publicados en revistas no arbitradas, secciones o capítulos de libros, tesis, reportes técnicos y trabajos publicados en extenso en memorias de congresos. Por otro lado, debido a que en algunos casos un trabajo se presentó primero en un simposio o como trabajo de tesis y, posteriormente, fue publicado como artículo o capítulo de libro; para no sesgar la información, se decidió únicamente utilizar la última versión para el estudio. No obstante, en aquellos trabajos en que no se encontró alguna publicación arbitrada, sino únicamente presentados en simposios o tesis, se consideraron estos últimos como parte del análisis. No se tomaron en cuenta los trabajos presentados como resúmenes de congresos o simposios. Asimismo, se incluyeron aquellos trabajos que actualmente están aceptados y en prensa para su publicación en alguna revista o libro. Sin embargo, a pesar de hacer una búsqueda lo más completa posible, es probable que algunos estudios no se hayan considerado aquí, al no encontrar referencia alguna de ellos en el material bibliográfico revisado.

Una vez reunida la información, se registró el tipo de métodos citados en cada manuscrito

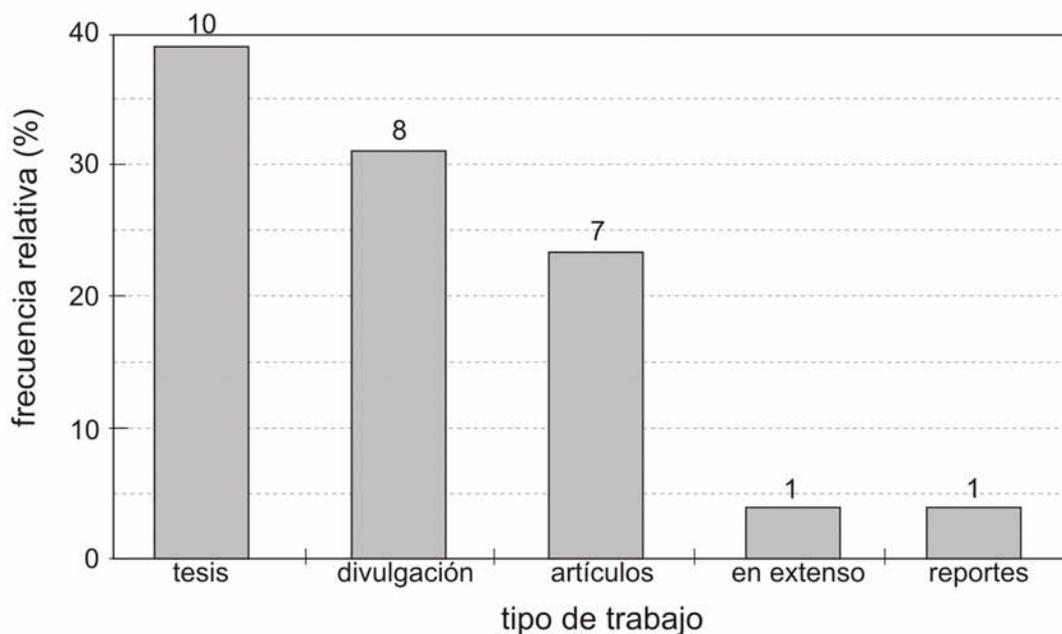
para la estimación de la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos y, en función del total de métodos registrados, se recopiló información bibliográfica publicada al respecto, para realizar un análisis de las ventajas y desventajas que presentan. El análisis permitió generar una propuesta de estandarización de métodos para la cuantificación de las poblaciones silvestres de cocodrilianos en México.

Para proporcionar más información a los interesados, se incluye un apéndice con todas las referencias bibliográficas encontradas en este trabajo. El orden de las referencias está en base a la clasificación de los trabajos en: artículos específicos sobre cocodrilos publicados en revistas arbitradas, artículos de divulgación publicados en revistas no arbitradas, tesis, reportes técnicos y trabajos publicados en extenso en memorias de simposios y congresos.

## Resultados

Se recopiló un total de 27 trabajos realizados en México hasta principios del año 2007. El 92.6% de los estudios emplearon el método

convencional de conteos visuales nocturnos, que utiliza para su análisis las fracciones visibles de la población (número de individuos observados en cada recorrido) dividido entre la longitud total del recorrido en un ambiente dado. Por su parte, el 7.4% restante fueron estudios que emplearon el método de captura-recaptura con el modelo del estimador geométrico de frecuencia de capturas. De las 27 referencias, 37% son tesis, 29.7% son artículos de divulgación publicados en revistas no arbitradas, 25.9% son artículos específicos sobre cocodrilos publicados en revistas arbitradas, un 3.7% es por un trabajo publicado en extenso en las memorias de un congreso y otro 3.7% es un reporte técnico (Fig. 1). No se encontró ningún trabajo, referente al tema, publicado en secciones o capítulos de libros. De los trabajos obtenidos para el análisis, se encontró que todos se limitaron a un periodo de investigación en campo inferior a los cinco años, con una alta frecuencia de estudios de tan sólo un año de duración y con variación de los métodos entre distintas localidades, lo que dificulta la comparación entre poblaciones a través del tiempo.



**Figura 1.** Frecuencia de trabajos sobre cocodrilos en cada categoría de publicación. Los valores absolutos se presentan sobre las barras.

En la revisión bibliográfica sobre las ventajas y desventajas de los métodos empleados, se encontró que la principal premisa de los índices de abundancia relativa obtenidos a través de los conteos visuales nocturnos, es que su valor es proporcional a la densidad real, es decir, son en esencia índices de densidad. Estos índices no presuponen que todos los individuos en la unidad muestral sean detectados, pero si requiere que cada individuo tenga la misma probabilidad de ser observado. Aún cuando no revelan la densidad en sí, permiten detectar su variación en el tiempo y el espacio (Bayliss 1987, Nichols 1992, Ojasti & Dallmeier 2000) y, como ventaja adicional, está su facilidad y bajo costo.

La principal desventaja encontrada en los conteos visuales nocturnos, es el posible sesgo en la detección visual de los individuos, debido a variables tanto físicas como ambientales. Entre las variables físicas que afectan a estos conteos se encuentran la cantidad de vegetación entre el observador y el cocodrilo, el ancho y la forma del río, laguna o estero, la sinuosidad del cuerpo de agua, la cantidad de canales secundarios que surgen a partir de un canal principal, la posición del cocodrilo en el campo de visión del observador (sumergido, flotando, parcialmente expuesto en el borde del agua o completamente expuesto en la orilla) (Bayliss *et al.* 1986, García-Grajales *et al.* 2007), la intensidad del haz de luz empleado para la detección de los individuos y la frecuencia de los recorridos (Ron *et al.* 1998).

Entre las variables ambientales se encuentran la velocidad del viento, lluvia, fases lunares, neblina (Cerrato 1991, Pacheco 1996, Escobedo 2003), temperatura del aire y del agua (Motte 1994), intervalos de salinidad (Carvajal *et al.* 2005), el nivel del agua (Ron *et al.* 1998, Llobet & Seijas 2003) y la relación de todos estos factores con la cautela del organismo bajo observación (Bayliss *et al.* 1986, García-Grajales *et al.* 2007).

Adicionalmente, se encontró que este tipo de metodología no permite realizar un seguimiento preciso de la estructura de

edades de una población, ya que la observación a distancia de un organismo implica un inminente sesgo por parte del observador, aún cuando se intente aproximar al máximo al individuo para lograr la estimación visual del tamaño (Ron *et al.* 1998).

En cuanto a los estudios que emplearon los conteos por captura-recaptura, con la operación del estimador geométrico de frecuencia de capturas propuesto por Edwards & Eberhardt (1967), se encontró que este modelo ha sido reconocido como realista (Eberhardt 1969, Merediz-Alonso 1999, García-Grajales *et al.* 2007) y robusto para la cuantificación de las poblaciones silvestres de cocodrilianos, debido a que no asume la igual probabilidad de captura (Bayliss 1987), principal debilidad de los modelos de captura-recaptura (Eberhardt 1969, Begon 1983) porque resulta imposible que tal circunstancia suceda en las poblaciones silvestres (Lebreton *et al.* 1992).

Lo anterior provoca que el uso de los modelos de captura-recaptura para estimar las poblaciones de cocodrilianos, no haya sido exitoso debido a que el comportamiento de los individuos afecta las probabilidades de captura de animales marcados y no marcados (Lang 1987) y se ha demostrado que la suposición de igualdad de captura no se cumple, al menos por los métodos de trapeo usuales (Eberhardt 1969, Burnham & Overton 1979, Begon 1983, 1989, Langtimm *et al.* 1996).

Asimismo, se encontró que estos métodos permiten realizar un seguimiento preciso y real de cada individuo a través del tiempo. Como se sabe, las poblaciones varían en sus proporciones de edad, tamaño y peso de los individuos que la conforman y estas proporciones individuales, de manera colectiva, reflejan la estructura de edad de una población (Brower & Zar 1980).

Una de las desventajas del método de captura-recaptura es su uso repetitivo, ya que los organismos incrementan su porcentaje de cautela como producto del aprendizaje y tienden a aumentar sus distancias de escape en relación a la fuente de disturbio (Ron *et al.*

1998), esto finalmente se refleja en menores tasas de captura y un inminente sesgo en las estimaciones.

### Discusión y conclusión

En este estudio se han mencionado las ventajas y desventajas asociadas con los métodos convencionales para la cuantificación de las poblaciones de cocodrilos. Sin embargo, importantes avances se han realizado al respecto de la cuantificación de sus poblacionales, tanto desde el punto de vista teórico como práctico (Edwards & Eberhardt 1967, Eberhardt 1969, White *et al.* 1982, Begon 1989, Nichols 1992, Pollock 1995, Merediz-Alonso 1999). No obstante, este estudio demuestra que en México el método que se sigue utilizando con mayor frecuencia es el conteo visual nocturno, el cual por su facilidad y bajo costo permite generar información del tamaño de las poblaciones en un tiempo corto.

El éxito de los conteos visuales nocturnos depende de la habilidad para identificar todos los factores que influyen en la fracción de muestreo y poder ejercer algún control sobre estos factores (Nichols 1992), lo que finalmente resulta difícil. Es importante hacer notar que los cocodrilos son animales con ciclos de vida largos y que sólo a través del seguimiento de las poblaciones a largo plazo, se puede tener un panorama más completo de su historia natural en un mismo sitio. Lo anterior, sugiere la necesidad de emplear los métodos más adecuados para la cuantificación de las poblaciones de cocodrilos.

Es importante señalar también que la finalidad de los estudios realizados hasta el momento en México, ha sido la generación de información biológica (índices de abundancia relativa en su mayoría). Esto es importante, pero con escaso compromiso en cuanto a la utilidad de la información para generar puntos de referencia que permitan la toma de decisiones para el establecimiento de programas de manejo, que permitan incorporar las diferencias culturales,

económicas y sociales de las comunidades humanas que viven en las áreas donde se encuentran estas especies y las aprovechan.

Se ha demostrado que tanto los conteos visuales nocturnos como los métodos de captura-recaptura, influyen en la cautela de los organismos como en la distribución espacial de las poblaciones silvestres de cocodrilos. La frecuencia del disturbio (cacería, observaciones nocturnas y captura de cocodrilos) provoca el incremento de la cautela como resultado del aprendizaje, incrementando los organismos sus distancias de escape de la fuente de disturbio (Ron *et al.* 1998). Ron *et al.* (1998) mencionaron que las metodologías para la cuantificación y monitoreo a largo plazo de las poblaciones silvestres de cocodrilos deberán ser diseñadas tratando de minimizar las interacciones humanas directas con los cocodrilos, ya que aún si estas no causan daño directo, pueden influir en la distribución y cautela de los organismos y por tanto sesgar las estimaciones obtenidas.

Con base en lo antes expuesto, se sugiere el diseño de muestreos que involucren la utilización de dos métodos de manera alterna para un mismo sitio, 1) el conteo visual nocturno utilizando el método del valor máximo del número de individuos observados propuesto por King & Messel (*In* Cerrato 1991), el cual es un método simple de aplicar y no está relacionado con el tipo de distribución de probabilidad que asume la fracción visible de la población (Escobedo 2003, Cupul-Magaña 2004) y 2) la captura-recaptura, apoyada en el modelo del estimador geométrico de frecuencia de capturas (Edwards & Eberhardt 1967). Con base en las recomendaciones de Ron *et al.* (1998), se propone realizar las estimaciones de abundancia relativa bimestralmente a fin de disminuir la frecuencia de disturbio y obtener estimaciones menos sesgadas de las poblaciones. Asimismo, se recomienda que al inicio de cada estudio se realicen experimentos de captura-recaptura para el marcaje de los animales. Es importante que se

utilicen o diseñen marcas visibles (aretes plásticos) como los utilizados por Bayliss *et al.* (1986), Hutton & Woolhouse (1989) y García-Grajales *et al.* (2007), que permiten obtener recapturas a distancia en lugar de recapturas adicionales del mismo organismo, lo que contribuirá a disminuir la cautela de los organismos. Los experimentos de captura-recaptura podrán realizarse con intervalos de tiempo mayor a los utilizados en el conteo visual nocturno (al menos cada dos años) y permitirán obtener datos de la estructura y edad de la población en el largo plazo.

El conocimiento de la estructura de edad de una población es de suma importancia, ya que a partir de éste se generan tablas de mortalidad específica, sobrevivencia y expectativas de vida, tasas de crecimiento y peso individual, además, con esta información es posible estimar las tasas de crecimiento poblacional (Brower & Zar 1980). Asimismo, el conocimiento de las proporciones sexuales de una población por estructura de edades, permite hacer inferencias sobre los posibles impactos en el crecimiento de la población, lo que en conjunto permite generar puntos de referencia para la toma de decisiones en cuanto al establecimiento de programas de manejo apropiados de una población en particular.

El enfoque de la propuesta aquí planteada, busca estandarizar la metodología para la cuantificación de las poblaciones silvestres, de manera que esto signifique un importante eslabón en la comprensión de las dinámicas poblacionales y estado de conservación de las especies de cocodrilianos que se distribuyen en México. El conocimiento de la abundancia en estas especies, permitirá evaluar la factibilidad de cosecha en el medio silvestre así como el tipo y magnitud, o permitirá tomar decisiones más acordes a las estimaciones obtenidas que conlleven a adecuadas estrategias de manejo de este recurso natural.

En cuanto a la información previamente generada se recomienda como mero ejercicio aplicar los métodos aquí sugeridos a las bases de datos con la finalidad de tener referencias para futuras comparaciones.

## Agradecimientos

Agradecemos las observaciones de tres revisores anónimos que contribuyeron a mejorar el contenido de este trabajo. Se agradece a Aitor Aizpuru (UMAR) su apoyo para la traducción del resumen al idioma francés.

## Referencias

- Anónimo. 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México (COMACROM). Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, 107 pp.
- Bayliss, P. 1987. Survey methods and monitoring within crocodile management programs. Pp: 157-175, In Webb G.J.W, S.C. Manolis & P.J. Whitehead (eds.), Wildlife management: crocodiles and alligators. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, N.S.W. Australia.
- Bayliss, P., G.J.W. Webb, P.J. Whitehead, K. Dempsey & A. Smith. 1986. Estimating the abundance of saltwater crocodiles, *Crocodylus porosus* Schneider, in Tidal Wetlands of the Northern Territory: a mark-recapture experiment to correct spotlight counts to absolute numbers, and the calibration of helicopter and spotlight counts. Aust. Wild. Res. 13: 309-320.
- Begon, M. 1983. Abuses of mathematical techniques in ecology: applications of Jolly's capture-recapture method. Oikos 40(1): 155-158.
- Begon, M. 1989. Ecología animal. Modelos de cuantificación de poblaciones. Editorial Trillas, México, 136 pp.
- Brower, J.E. & J.H. Zar. 1980. Field and laboratory methods for general ecology. Brown Company Publishers, United States, 194 pp.
- Burnham, K.P. & W. Overton. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. Ecology 60(5): 927-936.
- Carvajal, R.I., M. Saavedra & 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. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 40(2): 141-150.
- Cerrato, C.A. 1991. Composición y tamaño de poblaciones silvestres de caimanes (*Caiman crocodilus chiapasius*) y cocodrilos (*Crocodylus acutus*) de la costa Caribe de Honduras, Centro América. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- Cupul-Magaña, F.G. 2004. ¡A contra cocodrilos! Subcomité Técnico para la Conservación, Manejo y

- Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México. Documento inédito, 24 pp.
- Eberhardt, L.L. 1969. Population estimates from recapture frequencies. *J. Wild. Manage.* 33(1):29-39.
- Edwards, W.R. & L. Eberhardt. 1967. Estimating cottontail abundance from livetrapping data. *J. Wild. Manag.* 31(1):87-96.
- Escobedo G., 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.
- García-Grajales, J., G. Aguirre-León & A. Contreras-Hernández. 2007. Tamaño y estructura poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) (Reptilia: Crocodylidae) en el estero La Ventanilla, Oaxaca, México. *Acta Zool. Mex.* 23(1):53-71.
- Hutton, J.M. & M.E.J. Woolhouse. 1989. Mark-recapture to assess factors affecting the proportion of a Nile crocodile population seen during spotlights counts at Ngezi, Zimbabwe, and the use of spotlight counts to monitor crocodile abundance. *J. App. Ecol.* 26: 381-395.
- Lang, J.W. 1987. Crocodilian behaviour: implications for management. Pp: 273-294, *In* Webb, G.J.W., S.C. Manolis & P.J. Whitehead (eds.), *Wildlife management: crocodiles and alligators*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, N.S.W. Australia.
- Langtimm, C. A., C. Kenneth Dodd Jr. & R. Franz. 1996. Estimates of abundance of Box Turtle (*Terrapene carolina bauri*) on a Florida Island. *Herpetológica* 52(4):496-504.
- Lebreton, J.D., K.P. Burnham, J. Clobert & D.R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62:67-118.
- Llobet, A. & A.E. Seijas. 2003. Estado poblacional y lineamientos de manejo del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en el río Capanaparo, Venezuela. Pp: 117-129, *In* Polanco-Ochoa, R. (ed.), *Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica*. Selección de trabajos, V Congreso Internacional. CITES, Fundación Natura, Bogotá, Colombia.
- Mandujano, S. 2004. Análisis bibliográfico de los estudios de venados en México. *Acta Zool. Mex.* 20(1):211-251.
- Merediz-Alonso, G. 1999. Ecology, sustainable use by local people, and conservation of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Master of Science Thesis, State University of New York, Syracuse, Nueva York.
- Motte, M. 1994. Abundancia, distribución e impacto de predación del cocodrilo (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) sobre el ganado vacuno en las fincas aledañas al río grande de Tarcoles, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- Nichols, J.D. 1992. Capture-recapture models. Using marked animals to study population dynamics. *BioScience* 42(2):94-102.
- Ojasti, J. & F. Dallmeier. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. Smithsonian Institution, MAB Biodiversity Program, Washington, D.C., 5.
- Pacheco, L.F. 1996. Effects on environmental variables on black caiman counts in Bolivia. *Wild. Soc. Bull.* 24(1):44-49.
- Pollock, K.H. 1995. Capture-recapture models: an overview. *Eustat, España*, 111 pp.
- Ron, S.R., A. Vallejo & E. Asanza. 1998. Human influence on the wariness of *Melanosuchus niger* and Caiman *crocodilus* in Cuyabeno, Ecuador. *Journal of Herpetology* 32(3):320-324.
- Ross, J.P. 1995. La importancia del uso sustentable para la conservación de los cocodrilos. Pp: 19-32, *In* Larriera, A. & L.M. Verdade (eds.), *La conservación y el manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina*. Vol. I. Fundación Banco Bica, Santo Tomé, Santa Fé, Argentina.
- Ross, J.P. & R. Godshalk. 1997. El uso sustentable, un incentivo para la conservación de cocodrilos. Pp: 147-154, *In* Fang, T.G., R.E. Bodmer, R. Aquino & M.H. Valqui (eds.), *Manejo de fauna silvestre en la Amazonia*. Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia.
- Sarkiss-Gonçalves, F., A.M.V. Castro & L.M. Verdade. 2004. The influence of weather conditions on Caiman night-counts. Pp: 387-393, *In* Anonym (ed.), *Crocodyles*. Proceedings 17th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group. IUCN-The World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- White, G.C., D.R. Anderson, K.P. Burnham & D.L. Otis. 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. *Los Alamos Nat. Lab. Publ. LA-8787-NERP*, 235 pp.
- Williams, B.K., J.D. Nichols & M.J. Conroy. 2002. Analysis and management of animal populations: modeling, estimation and decision making. Academic Press, San Diego, California, 625 pp

**Recibido:** 8 de junio de 2007.

**Aceptado:** 29 de junio de 2007.

## Apéndice.

Lista de trabajos sobre cocodrilos en cada categoría de publicación.

### Artículos publicados en revistas arbitradas

- Casas-Andreu, G. & F.R. Méndez-de la Cruz. 1992. Status y distribución de *Crocodylus acutus* en la costa de Jalisco, México. An. Inst. Biol, Universidad Nacional Autónoma de México, ser. Zool. 63(1): 125-133.
- Cedeño-Vázquez, J.R., J. Perran-Ross & S. Calmé. 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *Crocodylus moreletii* in Southeastern Quintana Roo, México. Herp. Nat. Hist. 10(1): 53-66.
- Charruau, P., J.R. Cedeño-Vázquez & S. Calmé. 2005. Status and conservation of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) in Banco Chinchorro Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Herpetology Review 36(4): 390-395.
- Cupul-Magaña, F.G., A. Rubio Delgado, A. Reyes Juárez & H. Hernández Hurtado. 2002. Sondeo poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) en el Estero Boca Negra, Jalisco. Ciencia y Mar 6(16): 45-50.
- García-Grajales J., G. Aguirre-León & A. Contreras-Hernández. 2007. Tamaño y estructura poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: *Crocodylidae*) en el estero La Ventanilla, Oaxaca, México. Acta Zool. Mex. 23(1): 53-71.
- Leyte-Manrique, A. & A. Ramírez-Bautista. 2005. Contribución a la ecología de *Crocodylus moreletii* en el sistema Yucalpetén-Progreso-Chicxulub, Yucatán, México. Bol. Soc. Herp. Mex. 13(2): 69-77.
- Martínez-Ibarra, J.A., E. Naranjo P. & K. 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 Silv. Neot. 6(1-2): 21-28.

### Artículos de divulgación (no arbitradas)

- Castillo, F.A. 2001. Effects of a submerged net on population size and structure of an American crocodile population (*Crocodylus acutus*) in Lake Amela, Colima, Mexico. C.S.G. Newsletter 20(4): 86-92.
- Cedeño-Vázquez, J.R., D. Huacuz-Helias & G. Casas-Andreu. 1996. *Crocodylus acutus* on the coast of Michoacan. Consultado el 15 de noviembre de 2006 en: www.flmnh.ufl.edu/natsci/herpetology/newsletter/news151a.htm
- Cedeño-Vázquez, J.R., R. Calderon & C. Pozo. 2002. Morelet's crocodile on Ria Celestun, Yucatan. C.S.G. Newsletter 21(1): 15-19.
- Cedeño-Vázquez, J.R., M. Sanvicente, A. Padilla & M. Morales. 2006. Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in Central Campeche, Mexico. C.S.G. Newsletter 25(3): 14-15.

- Cupul-Magaña, F.G., A. Rubio-Delgado & A. Reyes-Juárez. 2003. American crocodile in Puerto Vallarta, Mexico. C.S.G. Newsletter 22(2): 21-22.
- Ponce-Campos, P. & S.M. Huerta-Ortega. 1996. Contribution of the status of Caiman or River crocodile (*Crocodylus acutus*) In the Jalisco coast, Mexico. Consultado el 15 de noviembre de 2006 en: www.flmnh.ufl.edu/natsci/herpetology/newsletter/news152a.htm
- Sigler, L. 2002. Morelet's crocodile at Yucatan Peninsula. C.S.G. Newsletter 21(1): 15-19.
- Sigler, L. 2005. Binational survey (Guatemala-Mexico) of *Crocodylus moreletii* in the Usumacinta river. C.S.G. Newsletter 24(4): 9-10.

### Tesis

- Brandon-Pliego, J.D. 2007. Tamaño poblacional del *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylia) y su variación interanual en la laguna La Palmita, Jamiltepec, Oaxaca, durante el periodo 2004-2005. Tesis de Licenciatura, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- Castillo, F.A. 1997. Observations on two American populations in Colima state, Mexico, with possible management implications. Master in Science Thesis, Auburn University, Alabama, Estados Unidos.
- de Luna Cuevas, L.O. 1995. Fluctuación anual de la densidad de una población de *Crocodylus acutus* en Cuitzmala, Jalisco. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Domínguez-Laso, J. 2002. Análisis poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) y *Crocodylus moreletii* (Dumeril 1851) en el sistema lagunar norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México.
- Flores-Ortiz, C.G. 2005. Caracterización de una población del *Caiman crocodilus chiapasius* en El Castaño, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Huerta-Ortega, S.M. 2005. Dinámica poblacional del caimán (*Crocodylus acutus*, Cuvier 1807, *Crocodylidae*) en Jalisco, México. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.
- Mandujano, H.O. 2003. Estado de conservación del cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) en la cuenca del río Grijalva en Chiapas, México. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

- Merediz, A.G. 1999. Ecology, sustainable use by local people, and conservation of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Master of Science Thesis, State University of New York. Syracuse, Nueva York.
- Navarro Serment, C.J. 2002. Abundancia, uso de hábitat y conservación del cocodrilo de río, *Crocodylus acutus* Cuvier 1807 (Reptilia: Crocodylia) en el Estero El Verde, Sinaloa, México. Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas, Sonora.
- Ugalde-Lezama, S. 2001. Estudio poblacional y desarrollo de una propuesta de uso sustentable para la conservación y manejo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en la comunidad de Zamora de Pico de Oro Marques de Comillas. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México.

## Reportes técnicos y memorias de congresos

- Domínguez-Laso, J. 2005. Determinación del estado actual de las poblaciones silvestres del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México y evaluación de su estatus en la CITES. Reporte técnico del Proyecto CS009. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- León-Ojeda, F., P. Bagazuma-Mendoza & P.L. Arredondo-Ramos. 1997. Evaluación poblacional y algunos aspectos ecológicos de *Crocodylus acutus* en la Laguna de Chiricahueto. Pp: 90-104, *In* Memorias de la 4a Reunión Regional del Grupo Especialista en Cocodrilos de América Latina y el Caribe, Centro de Innovación Agroindustrial, S.C. Villahermosa, Tabasco.