

Métodos para estimar el tamaño de la población del Cocodrilo Americano (*Crocodylus acutus*) en el Lago Enriquillo, República Dominicana

por

Andreas Schubert y Hermógenes Méndez

Dirección Nacional de Parques
República Dominicana

Resumen

Se está monitoreando la población del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Lago Enriquillo desde el 1992, usando conteos diurnos y nocturnos. Estos conteos solamente refleja la cantidad de animales visibles. Para poder estimar el tamaño real de la población fueron aplicados los métodos: el radio tracking, usando método de Messel et.al (1981) y un método nuevo con radios de telemetría para los adultos y subadultos (mayor de 1,50 m longitud total) y el método de captura, marcado y recaptura para los juveniles (menor de 1,50). Para el periodo de 1996/97 se estima una población total de aproximadamente 400 cocodrilos, sin incluir los neonatos. Había unos 200 adultos y subadultos en el lago, la fracción de animales visibles (sighting fraction) estaba en 58% según el método nuevo y en 68% según el método de Messel et.al. Para los juveniles el número calculado era de 200 individuos, con una sighting fraction de 33%. La población del Lago Enriquillo se encuentra en recuperación después de fuertes persecuciones entre el 1984 y 1992.

Summary

The population of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) is monitored since 1992, using diurnal and nocturnal surveys. These counts only reflect the amount of visible animals. In order to be able to determine the real size of the population the following methods were applied: the method of Messel et.al (1981) and a new method with telemetry radios for adults and subadults (greater of 1.50 m total length) and the method of capture and recapture of marked animals were applied for juveniles (smaller of 1.50 m). For the period of 1996/97 a total population of approximately 400 crocodiles is estimated, this number does not include hatchlings. There were about 200 adults and subadults in the lake, the fraction of visible animals (sighting fraction) was in 58% according to the new method and 68% according to the method of Messel et.al. For the juveniles the calculated number amounted to 200 individuals, with one sighting fraction of 33%. The population of Lago Enriquillo is in recovery after strong persecutions between 1984 and 1992.

Introducción

La población del lago sufrió una disminución muy fuerte a finales de los años 1980 – principios de los 1990, debido a una fuerte persecución, incluyendo la matanza y el saqueo de nidos (SEA/DVS 1993, Schubert & Santana 1996). La población bajó a aproximadamente un tercio de su tamaño original. Desde 1992 existe un programa de conservación en el Lago Enriquillo. Hoy en día la especie cuenta con más de siete años de recuperación. La vigilancia permanente, junto con otras medidas de protección (Schubert et.al. 1996) han creado la base para estabilizar la población y lograr un ligero aumento.

Ahora, una de las preguntas más comunes en cuanto a los cocodrilos del lago es: ¿Cuántos cocodrilos hay? Le podemos decir a la gente que el máximo contado fue 185 adultos y subadultos. Para la población esta cifra es un mínimo, como una parte de los cocodrilos se mantiene sumergida o escondida en la vegetación.

Hasta ahora hay tres métodos principales que han sido usados para estimar el tamaño de una población de cocodrilos. El método de Messel et.al. (1981), el de Chabreck (1966) y el de captura y recaptura, usando dos cálculos diferentes, los estimados de Peterson (en Begon 1979) y de Schumacher (en Bayliss 1987). Este estudio presenta un nuevo método, usando la radio-telemetría para estimar el tamaño de la población de cocodrilos adultos y subadultos en el Lago Enriquillo.

Métodos

Lugar de estudio. Con una superficie que actualmente es de unos 200 km², una longitud de 35 km y una anchura de 12 km el Lago Enriquillo es el más grande en todo el Caribe Insular. La profundidad máxima del lago es de 24 m. El agua del lago queda en la parte más baja del Valle de Neiba. Su superficie está a más de 40 m por debajo de la superficie del mar. Como la única salida de sus aguas es la evaporación, el lago es hipersalado. El lago está compuesto por dos grandes cuerpos de agua, separados por las islas Cabritos, Islita y Barbarita. La parte norte del lago es menos extensa pero mucho más profunda (máximo de 24 m) que la parte sur (máximo de 9 m). El Lago Enriquillo tiene muchas particularidades que lo destacan de otros lagos. Su nivel, volumen, superficie y salinidad cambian mucho durante las décadas.

Las aguas del lago son ligeramente alcalinas, el pH oscila entre 7.5 y 8.4. La temperatura del agua se mantiene alrededor de 31°C en la superficie. No hay termoclina, es decir la temperatura del fondo queda muy poco (1 – 2°C) por debajo de la temperatura en la superficie.

División de la población. Dividimos la población de *C. acutus* en el Lago Enriquillo en adultos y subadultos (> 1.50 TL) y juveniles (< 1.50 m TL). Esta división se justifica por el uso de los hábitats. Los juveniles están juntos en diferentes partes de la orilla, con abundancia de agua dulce y con zonas de enea. Después de establecerse en un sitio, no migran grandes distancias. Cuando los cocodrilos alcanzan una longitud total (TL) de 1.50 m, comienzan a agregarse en las playas junto con los adultos para solearse. No se consideran neonatos en este estudio.

Conteos. Desde el 1992 se realiza un monitoreo de cocodrilos en el Lago Enriquillo. Para los conteos diurnos hay una ruta marítima en bote con motor fuera de borda (15 hp), saliendo de La Azufrada, pasando por la costa norte del lago, hasta la Bahía Barbarita, donde se devuelve para pasar por las costas norte de Islita e Isla Cabritos hasta el muelle. De aquí se cruza a pie a la Caimanera Sur, volviendo al muelle, se sigue en bote, pasando por Los Borbollones y el Cantón para volver a La Azufrada. Las orillas en las bahías de Boca de Cachón y de la Barbarita se recorren en motocicleta.

Entre marzo 1997 y septiembre 1998 la Isla Cabritos quedó conectada con tierra firme y era posible cruzar en motocicleta, censando Los Borbollones, Caimanera Sur y Bahía de Boca de Cachón en un recorrido. En ese entonces también se recorría la Bahía Barbarita y la Islita en motocicleta. En lugares donde se concentran los cocodrilos usamos binoculares 10 x 50 y un telescopio 15 x 60 para contar los cocodrilos. Repetimos el conteo dos veces para mayor seguridad.

Captura de adultos. Los cocodrilos adultos y subadultos (> 1.50 m TL) fueron capturados con trampas. Una trampa consiste de un canal excavado en forma perpendicular a la orilla del lago o de un caño, bordeado por palos en el suelo para impedir la entrada del cocodrilo desde atrás. En la boca del canal está un cable en forma de un lazo (tipo snare), conectado con un torniquete y un mecanismo de disparar. Una carnada (generalmente tripa de pollo) atrae al cocodrilo que entra a la trampa y jala la carnada, lo que causa el disparo del torniquete y el cierre del lazo. El cocodrilo se queda agarrado por el cable, el cual está conectado con un palo a través de una sogá.

Se armaban tres o cuatro trampas en la tardecita para revisarlas temprano en el próximo día. Los cocodrilos capturados fueron procesados en la manera siguiente:

- Se jala y suelta la sogá, peleando con el cocodrilo para cansarlo. El cocodrilo es un animal poiquilotermo, no tiene muchas reservas de energía y se cansa en menos de 5 minutos. Después el animal es jalado a la orilla, se le tira un trapo mojado encima la cabeza, tapándole los ojos para calmarlo.
- Se le pasa un lazo encima del hocico para mantener la boca cerrada e impedir mordidas. Dos personas se sientan encima del animal y jalan el hocico hacia arriba, una tercera persona le pasa cinta pegante alrededor del hocico y del cráneo, tapándole los ojos. Después se amarran las patas con sogá.
- Medidos de la longitud total (TL), longitud hocico – ano (SVL) y longitud de la cabeza (HL) con una cinta métrica. Se abre la cloaca con una pinza para determinar el sexo. Para pesar el animal, lo amarramos encima de una tabla de madera, después lo pesamos con un peso de baño.
- En un total de 15 cocodrilos adultos y subadultos montamos radios de telemetría. Hicimos hoyos con una aguja gruesa en la placa dorsal y en las escamas, donde se juntan las dos líneas de escamas para formar una sola. Después cuatro de hilos de nilón de pesca, pegados al radio fueron pasados por los hoyos y amarrados con un nudo. La antena fue amarrada en la cola en una manera que punteaba hacia arriba, asegurando que la señal salga también cuando el animal está en el agua.
- Para poder identificar el cocodrilo, le pusimos una place de plástico con un número y le cortamos las escamas de la cola en una secuencia determinada. Después se quitamos la sogá y la cinta pegante y lo dejamos salir libre.
- Durante los conteos mencionados arriba llevamos el receptor del radio para determinar si el cocodrilo estaba fuera del agua.

Cálculo de la población de adultos y subadultos.

- Método de Messel et.al. (1981).** Conteos nocturnos en áreas extensas, como sistemas de ríos, estuarios, lagunas costeras y embalses. Antes de los conteos se hace un estudio de calibración en una o dos áreas para determinar la fracción de animales visibles. El método fue desarrollado para estimar las poblaciones de *Crocodylus porosus* y *C. johnstoni* en el norte de Australia. Para *C. acutus* fue aplicado en Honduras por King et.al. (1991). Hicieron 40 conteos repetitivos en 2 sitios de calibración (lagunas costeras). Después calcularon la fracción de animales visibles usando la siguiente fórmula: $P = \bar{x} / (2 SD + \bar{x}) * 1.05$, con p = fracción de animales visibles, \bar{x} el promedio y SD la desviación estándar. Esta fórmula puede ser usada cuando los conteos muestran una distribución normal, es decir un 95% de la población cae dentro de dos desviaciones estándar. Esto ha sido el caso también en el Lago Enriqueillo.
- Modelo de Chabreck.** En 1966 Chabreck desarrolló un método para calcular el tamaño de aligátos. En *C. acutus* este método fue aplicado por Platt & Thorbjarnarson

(1997) en Belice. Aplican la fórmula: $P = N / (E \cdot A \cdot F)$ con P = total de la población, N = total de nidos, E = porcentaje de hembras anidando, A = porcentaje de animales sexualmente maduros y F = porcentaje de hembras entre animales maduros. No pudimos usar este método, porque no conocemos el porcentaje de las hembras que anidan. Además este porcentaje cambiaría mucho entre los años. El número de nidos osciló entre 14 y 51 (1993-99).

- iii. **Captura y Recaptura de cocodrilos marcados.** La cantidad de datos disponibles (solo 15 animales capturados) no era suficiente para poder aplicar el método de captura y recaptura en adultos. Sin embargo, lo aplicamos en estimar el tamaño de la población de juveniles.

Población de juveniles.

En septiembre 1993 comenzamos a capturar los primeros neonatos y juveniles. En los años 1994 – 97 hicimos varias campañas de captura con énfasis en los meses entre octubre y marzo. Recorrimos a pie 2 ½ km en la costa noroeste del lago (El Cantón) y de 1 ½ km en Los Borbollones. Para ubicar los juveniles usamos un farol de 55 W, con batería de 12 V, 50 Ah. Rápidamente nos acercamos para capturar el animal con la mano, agarrándolo en el cuello. Igual que los adultos medimos, pesamos y sexamos los juveniles, para después cortarles las escamas de la cola (código) para poder identificar el animal (recaptura).

Cálculo de la población de juveniles. Usamos dos métodos para estimar la población de juveniles: 1. El estimado de Peterson (Begon 1979) y estimado población según el método de Schumacher (Bayliss 1987). Diferenciamos los datos por clase de tamaño.

Estimado de Peterson:
$$N = \frac{\sum_i M_i n_i}{(\sum_i m_i) + 1}$$

con error estándar:

$$SE(N) = (1 / ((\sum_i m_i) + 1) + 2 / ((\sum_i m_i) + 1)^2 + 6 / ((\sum_i m_i) + 1)^3)^{1/2}$$

Estimado de Schumacher:
$$N = \frac{\sum M_i^2 n_i}{\sum M_i m_i}$$

con error estándar:

$$SE(1/N) = \frac{s}{(\sum M_i^2 n_i)^{1/2}}$$

donde $s^2 = \frac{\sum (m_i^2 / n_i) - (\sum M_i m_i)^2 / (\sum M_i^2 n_i)}{j - 1}$

- N = tamaño de la población
- M_i = el número de animales marcados en la población, inmediatamente anterior a la captura número i
- n_i = el número de animales capturados en la ocasión i
- m_i = el número de animales marcados previamente y capturados en la ocasión i
- j = el número de eventos de recaptura

Hay cuatro supuestos para este método, en común con otros índices de captura y recaptura:

- a. ningún animal nace o migra hacia el área de estudio
- b. la misma tasa de animales marcados y no marcados mueren o salen del área del estudio

- c. la probabilidad de captura es igual para todos los animales
- d. no se pierde ninguna marca

Como se estima N separado por cada clase de edad, el nacimiento no juega ningún papel. El área de estudio incluye la mayoría de los hábitats usados por los juveniles, así inmigración es poco probable. Solamente se usó datos de animales entre ½ año y 1 ½ años de edad. Así podemos asumir que la probabilidad de captura es igual para todos los juveniles. Los cocodrilos fueron marcados cortándoles sus escamas – ninguna marca podía haber sido perdida.

1. Uso de Radio-Telemetría (método nuevo, desarrollado en este estudio). Desarrollamos un nuevo método para calcular la fracción de animales visibles (sighting fraction sf), basado en el uso de radio-telemetría. Asumimos que sf equivale al porcentaje de señales recibidos (durante los recorridos mencionados arriba) del total de radios funcionando. Calculamos la población total (N) a través de la fórmula:

$$N = N_v * 100 / sf$$

Con N_v = promedio de animales contados semanalmente durante los recorridos en el 1996/97.

Resultados

1. Adultos y Subadultos

Método de Radio-Telemetría. Durante las 48 semanas entre septiembre 1996 y Agosto 1997 se hicieron 50 recorridos por la ruta 1 y 75 recorridos por la ruta 2. No se realizaron recorridos en 13 de las 48 semanas. Se calcula el porcentaje de señales recibidas del total de radios funcionando (por semana). El promedio es 58.4 % (SD 15.3%) con un mínimo de 30.8 % y un máximo de 90.9 %. Asumimos una fracción animales visibles (sf) de 58 % (SD 15.3%).

Fue posible sumar en 45 ocasiones los resultados de los conteos de ruta 1 y 2 (total 23 km) durante el periodo de estudio 1996/97: se sumó, cuando las rutas fueron recorridas el mismo día o en días consecutivos. En estos recorridos contamos entre 81 y 185 individuos mayores a 1.50 m TL, el promedio era 117.2 (SD 22.6) individuos.

El Lago Enriquillo tiene un total de más de 100 km de orillas, incluyendo a las islas. El total de todas rutas de monitoreo es 49 km. En el resto de las orillas no habitan cocodrilos. Las rutas 1 y 2 abarcan 23 km, queda una diferencia de 26 km, donde hay una menor densidad de cocodrilos. En estos 26 km el promedio de cocodrilos era 15.2 individuos, según los conteos realizados entre 1993 y 1997 (n = 157 – 298).

Sumando los 15.2 individuos de los 26 km a los 117.2 de los 23 km llegamos a un total (promedio) de $N_v = 132.4$ cocodrilos contados. Calculamos la población de adultos y subadultos usando la ecuación $N = N_v * 100 / sf$: **$N = 132.4 * 100 / 58.4 = 227$ individuos**

La población de cocodrilos adultos y subadultos en el Lago Enriquillo para el periodo Sept 1996 y Julio 1997 se estima en 227 individuos.

Las condiciones para poder aplicar este método son:

- Debe haber poca probabilidad de cocodrilos escondidos en la vegetación: los niveles de agua del lago están bajos y siguen bajando, debido a pocas precipitaciones. No hay ningún tipo de vegetación cerca de la orilla.

- Los animales con radio no salen fuera del área de los recorridos (los 23 km de costa): durante el estudio ningún animal con radio fue detectado fuera de los 23 km, comprobados en múltiples recorridos por todas las costas del lago.

Método de Messel et.al. 1981. Aplicando la fórmula de Messel et.al. llegamos a una fracción de animales visibles de:

$$P \text{ o } sf = 117.2 / (2 * 22.6 + 117.2) * 1.05$$

$$sf = 0.687 \text{ o } 68.7\%$$

Según este método la población de adultos y subadultos abarcaría entonces:

$$N = 132,4 * 100 / 68.7 = 193 \text{ individuos}$$

Tomando en cuenta el resultado de los dos métodos podemos asumir que en el Lago Enriquillo la población de adultos y subadultos abarca entre 190 y 230 individuos.

2. Juveniles

Resultados para la estimación de la población de juveniles según clases de edad, capturados en las orillas entre Los Borbollones y la boca del Río Barrero:

	Estimado de Peterson	Estimado de Schumacher
Nacidos 1993	131 (SD 35.1)	121
Nacidos 1994	86 (SD 27.6)	95
Nacidos 1995	No análisis	59
Nacidos 1996	31 (SD 6.6)	30

En la misma zona realizamos 26 recorridos nocturnos entre Noviembre 1994 y Mayo 1995, en seis transectos, cubriendo un total de 18 km de costa. El promedio de juveniles contados en esta zona era 72.2 individuos. Pertenecían a las clases de edad 1993 y 94. La población de juveniles en la temporada entre 11-94 y 5-95 es según

Estimado Peterson: $131 + 86 = 217$ individuos

Estimado Schumacher: $121 + 95 = 216$ individuos

La fracción de animales visibles se calcula: $72 / 216 * 100 = 33,3 \%$. En los conteos nocturnos de Febrero 1995 contamos 67 juveniles, en Mayo 1995 fueron 57 y en Febrero 1997 fueron 56 juveniles. Asumiendo una fracción de animales visibles de 33.3 % llegamos a un estimado de aproximadamente 200 juveniles para el periodo 1996 / 97. Este estimado es conservador, debido a que no pudimos penetrar a las zonas pantanosas de occidente y oriente del lago, que también son importantes lugares de crianza de cocodrilos.

3. Población Total Lago Enriquillo

Sumando los 190 a 230 cocodrilos adultos y subadultos más los 200 juveniles llegamos a un total de unos 400 individuos para los años 1996 / 97, siendo eso una estimación conservadora por razones explicadas arriba.

Discusión

La población del lago en los años 1970 / 80. Para finales de los años 1970 y principios de los 1980 las estimaciones de la población adulta en el Lago Enriquillo quedaron entre 385 y 525 individuos (Incháustegui, comunicación personal).

En los años 1970 había tres veces más nidos que los años 1990. Tomando en cuenta los cálculos de la población actual en este estudio, podemos asumir que a finales de los años 1970 había por los menos 600 adultos y subadultos y que había una población de 1000 individuos, sin contar los neonatos de cada año.

Tamaño de otras poblaciones *Crocodylus acutus*. En Haití, el Lago Azuei o Etang Saumatre fue estudiado en 1983 / 84 por Thorbjarnarson (1988). En dos conteos nocturnos el contó 433 y 413 individuos, siendo $\frac{3}{4}$ de ellos juveniles de menos de 0,90 m TL.

En un estudio en Honduras King et.al (1991) calcularon una población total de 670 individuos para el país entero. La mayor concentración la encontraron en el embalse El Cajón con 430 individuos, calculado sobre la base del método de Messel et.al. (1981).

En 1996 Platt y Thorbjarnarson realizaron un estudio de la población de *C. acutus* en Belice. Llegan a estimar una población total de 900 individuos, con la mayor densidad en el atolón de Turneffe, donde estiman unos 250 individuos. La estimación de la población está basada en el modelo de Chabreck.

No hay datos disponibles sobre el tamaño de la poblacional de *C. acutus* en Monte Cabaniguán en el sureste de Cuba Sin embargo, la cantidad de nidos encontrados allí abarca 171 (promedio de los años 1992-96) ,4.5 veces más que el promedio de nidos en el Lago Enriquillo. Eso significa que en Monte Cabaniguán pueden estar fácilmente 2000 cocodrilos, sin contar los neonatos.

Densidad poblacional. La densidad poblacional se expresa en Individuos por km de orilla en ríos, lagos y lagunas Y en individuos por km² en zonas pantanosas. Para Etang Saumatre Thorbjarnarson (1988) distingue entre la densidad cruda, incluyendo todas las orillas disponibles y la densidad ecológica que excluye áreas que no son usadas por cocodrilos, por ser muy expuestas a oleajes fuertes. Él calcula una densidad cruda de 6.3 y ecológica de 9.6 Ind./ km. Aplicando su método en el Lago Enriquillo llega 4.5 Ind/km densidad cruda y 8.8 Ind/km densidad ecológica. Si queremos comparar los datos de este estudio con los del Etang Saumatre tenemos que tomar en cuenta que el ultimo ha sufrido probablemente la misma o una peor disminución de la población, hace falta una nueva investigación de los cocodrilos en Haití.

En otras áreas donde abunda el cocodrilo americano las densidades son menores, el promedio para Venezuela es 1.57 Ind./km, con un máximo de 3.7 Ind/ km, según Sejas (1986). Para Belize se calcula 0.27 Ind./km, con un máximo de 3.4 Ind./ km (Platt & Thorbjarnarson 1997) y para Honduras 0.51 Ind./km con un máximo de 2.4 Ind./km (King et.al 1991).

Literatura citada

- Bayliss, P. (1987) Survey Methods and Monitoring Within Crocodile Management Programmes; Ch.16, pp.157-175, In: Wildlife Management: Crocodiles and Alligators. ed. by: WEBB, G.J.W.; MANOLIS, S.C. & WHITEHEAD, P.J.; Surrey Beatty and Sons Pty Ltd., Chipping Norton-Australia: pp. 1-552
- Begon, M., 1979. Investigating Animal Abundance . Edward Arnold, London
- Chabreck, R.H 1966. Methods of determining the size and composition of alligator populations in Louisiana, Proc. 20th Ann. Conf. S.E. Assoc. Game and Fish Cornm. 20: 105-112
- King, F.W., M Espinal & C.A Cerrato. 1991. Distribution and status of crocodilians of Honduras. In: Crocodiles, Proceedings of the 7th meeting of the IUCN/SSC Crocodile Specialist Group, Gainesville, Florida IUCN, Gland, Switzerland
- Messel, H, G.C. Vorlicek, AG. Wells & 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. 463 p.
- Platt, S.G. & Thorbjarnarson, J.B. 1997. Status and Life History of the American crocodile in Belize. Final Project Report to United Nations Development Programme, GEF, Belize Coastal Zone Management Project BZE/92/G3
- SEA/DVS 1993: Estudio y Protección del Crocodilo Americano (*Crocodylus acutus*) en la República Dominicana. Secretaria de Estado de Agricultura, Departamento de Vida Silvestre, Santo Domingo RD.
- Schubert, A. & G. Santana 1996b: The conservation of the American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in the Dominican Republic, p. 425-433. In: R Powell and RW. Henderson (eds.), Contributions to West Indian Herpetology: A Tribute to Albert Schwartz. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca (New York). Contributions to Herpetology, volume 12.
- Sejas, A.E. 1986. Situación actual del Caimán de la costa, *Crocodylus acutus*, en Venezuela. Pp. 96-108. In: Proceedings of the 7th meeting of the IUCN/SSC Crocodile Specialist Group, Caracas, Venezuela. IUCN, Gland, Switzerland
- Thorbjarnarson, J.B. 1988. The status and ecology of the American crocodile in Haiti. Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences, Vol. 33, Nr. 1, Gainesville, Florida

Agradecimientos

Agradecemos en manera muy especial a Wendy James y David Birdsall, dos voluntarios del Cuerpo de Paz que participaron en la ejecución del proyecto entre 1992 y 1996.

John Thorbjarnarson de la Wildlife Conservation Society en New York ayudó en conseguir financiamiento para la telemetría y nos facilitó una asesoría muy valiosa.

Sin el apoyo de Inge Weizenhöfer y Wolfgang Oberreit del Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED) no hubiera sido posible la ejecución del proyecto.