

Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador

Population ecology, distribution and habitat assessment of *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) in the “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” of the Guayaquil Gulf Estuary, Ecuador

Raúl I. Carvajal¹, Miguel Saavedra¹ y Juan José Alava^{1,2,*}

¹Fundación Natura Capítulo Guayaquil, Av. Carlos Julio Arosemena Km. 2.5. P.O. Box 09-01-11327, Guayaquil, Ecuador

²School of the Environment, University of South Carolina, 901 Sumter Street, 702G Byrnes Building, Columbia, SC 29208 USA

*Dirección actual: Environmental Toxicology Research Group, School of Resource & Environmental Management, Simon Fraser University, 8888 University Drive, Burnaby, British Columbia V5A 1S6, Canada
jalavasa@sfu.ca

Abstract.— An assessment on the population ecology, distribution and habitat of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) was conducted within the recent protected area “Reserva de producción de fauna manglares El Salado”, Gulf of Guayaquil, Ecuador. The study was developed along 15 km of mangrove channels and tidal creeks, using nocturnal spotlight boat surveys during the dry season (September to December, 2004). About four crocodiles, with a relative abundance of 0.45 ind./km, ranging 0.27–0.63 ind./km, were detected. Crocodiles were aggregated in the final extreme of a tidal creek (Estero Plano Seco), where the water salinity ranged 10.0–28.0 psu and releasing of effluents (>32.0°C) from electric power plants and run-off from urbanized centers have been evidenced. Most of the crocodile sightings occurred during low tide. The population was represented only by

adults (50%) and juveniles (50%); subadults and hatchlings were not observed during the study period. The population density found in this study is one of the lowest densities for American crocodile in the American regions. The euryhaline ability and tolerance to inhabit elevated surface water temperature (thermoconformer) confirm the physiological adaptation of this reptile species. More ecologic and population studies are needed to elucidate some gaps and the environmental factors influencing on the species conservation, as well as the establishment of management strategies to ensure its survival.

Key words: population, density, salinity, temperature, American crocodile

Introducción

El cocodrilo de la costa o americano (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807) es la única especie de la familia Crocodylidae presente en el Ecuador, en donde se encuentra restringido a la zona costera de los pisos tropical noroccidental y tropical suroccidental, desde la provincia de Esmeraldas hasta la frontera con Perú (Suárez & García 1986). Uno de sus sitios más importantes de su distribución es el Golfo de Guayaquil, el más importante y complejo ambiente costero - estuarino del Ecuador, y la unidad ambiental más rica de la costa sudamericana del Pacífico. El hábitat del cocodrilo de la costa incluye aguas continentales (ríos de agua dulce) y estuarinas en zonas costeras como son segmentos de ríos con agua salada, lagunas costeras, y manglares, así como cuerpos de agua dulce (reservorios) tierra adentro (Medem 1981, Thorbjarnarson 1989, Ross 1998). En el estuario del Golfo de Guayaquil, fue

común observar a la especie, pero actualmente es rara debido principalmente a la conversión de su hábitat, el ecosistema de manglar, a otros usos (piscinas camaronerías, urbanización y agricultura) (Pearson & Beletsky 2000, Alava *et al.* 2003). Esta es una de las cinco regiones de atención especial, donde se prioriza la implementación de la Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador (PENBE) (Ministerio del Ambiente 2001¹). En las últimas tres décadas, la conversión de bosques de mangles a otros usos ha sido aproximadamente de 54.037,64 ha (CLIRSEN 1999²). Al igual que otras especies de cocodrilianos, el

¹Ministerio del Ambiente. 2001. Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador

²CLIRSEN. 1999. Actualización del Estudio Multitemporal de los Manglares, Camaronerías y Áreas Salinas del Ecuador Continental a 1999, con base a información satelitaria. Ministerio del Ambiente, Proyecto PATRA. Quito, Ecuador.

cocodrilo de la costa cumple un papel muy importante dentro del equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Kushlan 1974), debido a que son predadores naturales que ocupan la cúspide de la pirámide alimenticia (Casas 2003), y cuya función es regular poblaciones de vertebrados, y contribuir al ciclo de transformación de nutrientes en el ecosistema. La época de reproducción de esta especie en el Ecuador está sincronizada con la finalización de la estación seca e inicios de la estación lluviosa, con la puesta de huevos entre octubre y diciembre, y eclosión de neonatos entre enero y marzo durante la estación lluviosa (Fiallos *et al.* 1979³, Medem 1981, Thorbjarnarson 1989).

Este reptil ha tenido un alto nivel de explotación en el Ecuador; su grasa fue usada como sustancia medicinal, la carne como recurso alimenticio y sus dientes para elaboración de collares y artículos de decoración. Sin embargo, su mayor valor comercial estuvo representado por su piel, exportándose entre 1930 y 1950 alrededor de 200.000 pieles (10.000 pieles/año) que equivalen a 200.000 individuos cazados (Fiallos *et al.* 1979³). Su explotación fue prohibida por el gobierno del Ecuador en 1959. Debido a la desproporcionada explotación de esta especie entre 1930 y 1960 ocurrió una dramática reducción de su población a lo largo y ancho de todo su rango geográfico de distribución (Álvarez del Toro & Sigler 2001).

En un estudio cooperativo entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el U.S. Fish and Wildlife Service realizado desde noviembre de 1978 a diciembre de 1979, se concluyó que la “especie permanece en sitios aislados”, estimándose al menos 9 individuos en 4 sitios constituidos por esteros de manglar en la Reserva Ecológica Nacional Manglares Churute del Golfo de Guayaquil. Para esa época, en el estero Bajén, sitio alejado de la Reserva, se estimó una abundancia relativa de cerca de 0,90 individuos/km, basado en un recorrido de muestreo de 12 km (Fiallos *et al.* 1979³). En la década de 1980, su población se estimaba en aproximadamente 1000 individuos en toda la costa (Suárez & García 1986). El estado de conocimiento actual de este reptil en Ecuador es muy escaso o inexistente. Recientemente, Alava *et al.* (2003) reportan avistamientos frecuentes realizados por la comunidad,

captura de especímenes y huevos en esteros de manglar cercanos a residencias ubicadas en las afueras de la ciudad de Guayaquil (02°10'S, 79°56'W) y plantas termoeléctricas de poder (02°11'S, 79°56'W), entre los kilómetros 8 y 24 de la vía Guayaquil–Salinas. De igual manera, un censo preliminar de las unidades de manejo de vida silvestre, manteniendo individuos en cautiverio, reflejó la gran importancia de estas unidades de conservación *ex situ* como bancos genéticos o potenciales fuentes de individuos para programas de reintroducción (Alava *et al.* 2003).

A nivel global, *Crocodylus acutus* es una especie amenazada ubicada en la categoría “Vulnerable” (VU A1ac) de acuerdo a los criterios y categorías de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza–UICN (Groombridge 1993; Crocodile Specialist Group 1996⁴; Ross 1998; IUCN 2004⁵), y listada en el “Apéndice I” a nivel global (excepto en Cuba donde está listada en Apéndice II) según los criterios y categorías de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres–CITES (Grenard 1991, Ross 1998). Para Ecuador, la PENBE consideró a la especie en “peligro crítico de extinción” (Ministerio del Ambiente 2001¹). A pesar de ello, hasta ahora las acciones de conservación continúan siendo escasas, limitándose los esfuerzos a estudios focales *ex situ* de reproducción en cautiverio existiendo en la actualidad un vacío de información científica de su estado en vida silvestre de aproximadamente 25 años. La información de la historia natural de esta especie es un aspecto básico y prioritario en la elaboración de planes de acción para su recuperación y conservación, sugiriéndose que debe ser catalogada como una especie bandera (Alava *et al.* 2003). Hasta finales de la década de los noventa, la información científica sobre esta especie no estuvo disponible, pues hubo ausencia de investigación en países como El Salvador, Guatemala, Panamá, Colombia, Ecuador y Perú (Ross 1998). Recientemente, a comienzos del 2000, se han llevado a cabo estudios de campo sobre su abundancia poblacional en Perú (Escobedo & Mejía 2003) y Colombia (Barrera 2004⁶). Este estudio contribuye con la obtención de datos científicos *in situ* relevantes a la ecología, estimación poblacional y distribución del cocodrilo de la costa en el área protegida “Reserva de

³Fiallos, A. R. Zambrano & Th. Fritts. 1979. Estudios básicos sobre el cocodrilo (*Crocodylus acutus*) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería–Department of Interior, U.S. Fish and Wildlife Service. Guayaquil, Ecuador (Unpublished Technical Report).

⁴Crocodile Specialist Group. 1996. *Crocodylus acutus* In: IUCN 2004. IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. Obtenido el Mayo 3, 2005.

⁵IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. Obtenido en Abril 19, 2005.

⁶Barrera L. 2004. Estado actual de un relicto poblacional del Caimán aguja (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807) en una zona del Magdalena Medio. ProAves Colombia–Fundación Omacha. Bogotá, Colombia. 8pp.

producción de fauna manglares El Salado”, abarcando la época de reproducción de *C. acutus* en el Ecuador, la cual está sincronizada con la finalización de la estación seca e inicio de la estación lluviosa (Fiallos *et al.* 1979³).

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el área protegida “Reserva de producción de fauna manglares el Salado” al noroeste del estuario del Golfo de Guayaquil y suroeste de la ciudad de Guayaquil (02°10'S, 79°56'W), y que se

caracteriza por la presencia de remanentes de bosques de manglar, con una superficie de 5176 ha (Fig. 1). Las especies de árboles de mangle existentes en la zona son: *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, así como plantas típicas de ambientes salinos (*Batis maritima*). La Reserva está integrada por tres esteros principales (estero Mongón, estero Plano Seco y estero Salado) y está influenciada por urbanización (e.g., la ciudad de Guayaquil), plantas termoeléctricas (02°11'S, 79°56'W) y comunidades locales humanas colindantes a los límites de la Reserva (e.g., ciudadela Puerto Azul-Yacht Club).

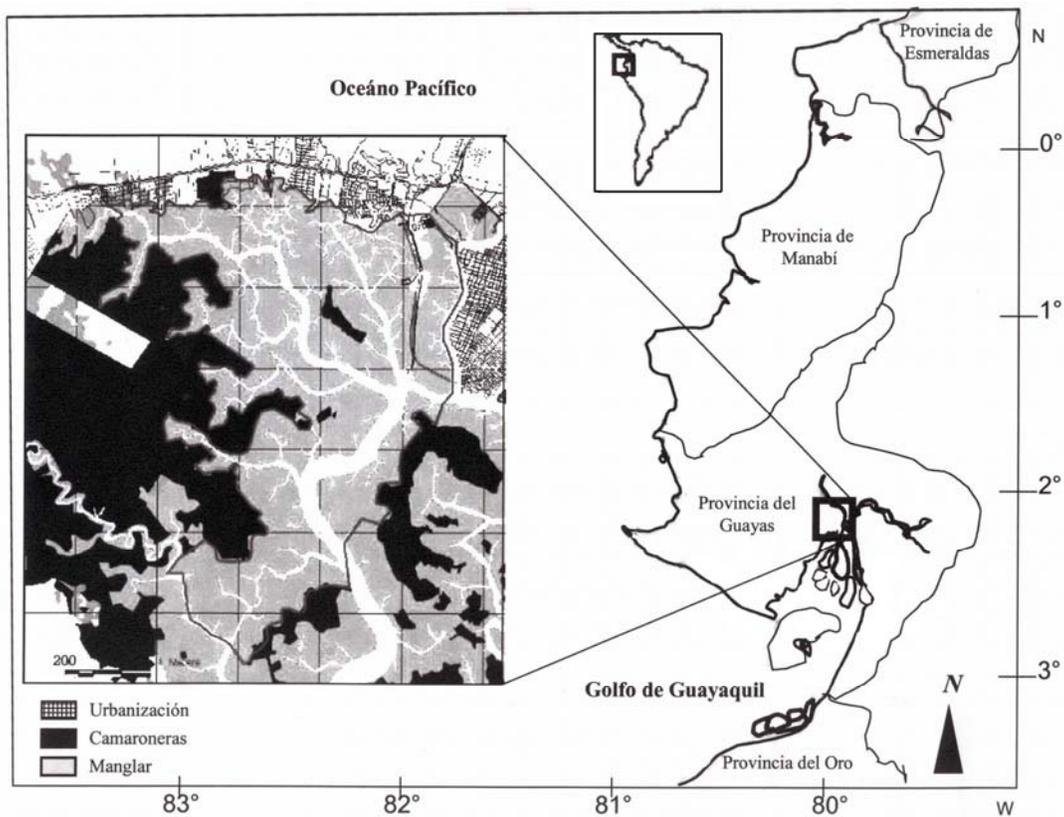


Figura 1

Ubicación geográfica y cubierta de uso de suelo de la Reserva de producción de fauna manglares El Salado en el estuario del Golfo del Guayaquil, Ecuador

Geographic location and land use coverage of the Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado in the Guayaquil Gulf Estuary, Ecuador

Diseño del estudio

Se efectuaron nueve salidas de campo nocturnas, con un esfuerzo total de 83.2 horas de observación, entre el 10 de septiembre y el 9 de diciembre de 2004. Un reconocimiento diurno del área a inspeccionar se efectuó en las primeras tres salidas de campo (entre las 17.00 y 19.00 h) para reconocer geográficamente los esteros principales del área protegida, con sus respectivos ramales y subramales (Figs. 1 y 2). Por ejemplo, el estero Plano Seco, el único con presencia de cocodrilos, tuvo una longitud (transecto) lineal total de 6,3 km, pero considerando sus ramificaciones, alcanzó un largo total de 14,7 km. Los trayectos diurnos se compararon con mapas de campo para la orientación durante los desplazamientos acuáticos nocturnos, los

cuales se efectuaron entre las 19.00 y 05.30 h, independiente del estado de la marea. Para los conteos y desplazamientos se utilizaron un bote nodriza a motor y una canoa a remo, con los cuales se realizaron inspecciones paralelas a ambas orillas de cada estero principal y sus ramales anchos. En subramales estrechos se utilizó solo la canoa a remo. A partir de la quinta inspección se contó con una canoa a remo adicional en reemplazo del bote nodriza lo que maximizó los esfuerzos de observación nocturna, por ser de un desplazamiento más rápido y con menor influencia de ruido por efecto de su calado. Un guía local fue necesario para la orientación nocturna. Un observador principal en cada bote fue responsable de llenar las bitácoras en cada avistamiento de cocodrilos de la costa.

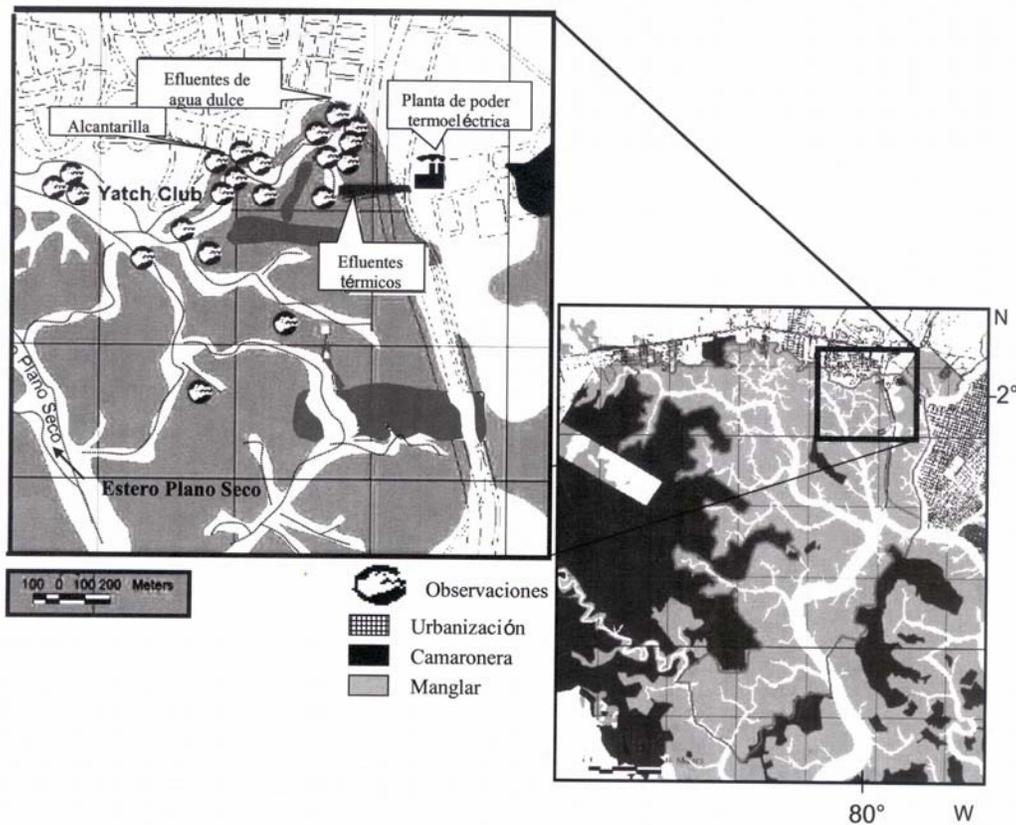


Figura 2

Área de estudio mostrando las observaciones de los cuatro cocodrilos registrados en la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado entre el 10 de septiembre y el 9 de Diciembre de 2004. Las líneas en los riachuelos (figura superior izquierda) indican la trayectoria seguida durante los monitoreos nocturnos

Study area showing the sightings of four crocodiles recorded in the Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado from September 10 to December 9, 2004. Lines on creeks (upper left figure) indicate the trajectory followed during nocturnal spotlight boat surveys

Identificación de individuos

Para la identificación de especímenes se utilizó la técnica de conteos nocturnos descrita por Chabreck (1966), la cual consiste en dirigir un haz de luz de una linterna en busca de la incandescencia de color rojo que destellan los ojos de los cocodrilos, ya que su sistema visual presenta un “*tapetum lucidum*” capaz de actuar como una superficie de reflexión de la luz hasta en una distancia de 200 m (Salas 1985). Este método ha sido aplicado por otros investigadores en Costa Rica (Sasa & Chávez 1992), México (Navarro-Serment 2002), Perú (Escobedo & Mejía 2003) y Colombia (Barrera 2004⁶). Para tal efecto, se utilizaron dos linternas principales de mano (Mag-Lite/Mag Instrument–Ontario, California, USA) una por cada observador y dos lámparas de cabeza (Rain Proof), utilizadas por el guía de campo y su asistente. En cada avistamiento se procedió a caracterizar el lugar donde fue observado el espécimen. Las estimaciones de talla y edad de los individuos se basaron en las cuatro definiciones usadas en las clasificaciones para categorías de clases señaladas por Gaby *et al.* (1985), Thorbjarnarson (1989) y Platt & Thorbjarnarson (2000), de la siguiente forma: neonatos o crías <0,30 m, juveniles = 0,30–0,90 m, sub-adultos = 0,90–1,80 m, y adultos >1,80 m.

Medición de parámetros ambientales

La temperatura superficial del agua se registró a cada hora con dos termómetros de campo con bulbo mercurial (Scientific Products - USA, Codemet), en el momento en que ocurría el avistamiento de un cocodrilo. Para la medición de la salinidad superficial del agua, cada hora y en el momento en que ocurrió el avistamiento de un cocodrilo se recogieron muestras de agua en recipientes plásticos de 500 mL. Los recipientes

rotulados se trasladaron al Laboratorio de fitoplancton de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil donde se midió la salinidad con un refractómetro (Vistavisión). La georeferenciación del sitio de avistamiento de los cocodrilos se realizó con un GPS (Geoexplorer II) y los datos se incorporaron en un mapa digital a través del Sistema de Información Geográfica (SIG).

Resultados y discusión

Se efectuaron 21 avistamientos de especímenes de *C. acutus* (Fig. 2), los mismos que corresponden a la ocurrencia de por lo menos 4 cocodrilos identificados dentro de la jurisdicción del área protegida Reserva de producción de fauna manglares El Salado (Tabla 1). La media y desviación estándar de individuos observados por salida de campo fue 2.33 ± 1.87 (rango = 0–5; n = 9 salidas). No se observaron neonatos, subadultos ni nidos de esta especie. Los cocodrilos solo fueron observados en el estero Plano Seco, en donde se estimó una densidad relativa de 0,63 ind./km para la distancia total lineal (6,3 km) y de 0,27 ind./km si se consideran las distancias de sus ramales y subramales (14,7 km), con una abundancia media de $0,45 \pm 0,31$ ind./km. Estos especímenes presentaron una extensión de ocurrencia agregada en la parte terminal del estero Plano Seco localizado al noreste del área protegida, contiguo a las comunidades humanas (ciudadela Puerto Azul y cooperativa Puerta del Sol), zona influenciada por los efluentes calientes de termoeléctricas (Electroguayas y Electroecuador) (Fig. 2). En los otros dos esteros principales del área protegida, estero Salado y estero Mongón, no se observaron cocodrilos. Una comparación de la densidad encontrada en el estero Plano Seco con densidades halladas en otras áreas de la región de las

Tabla 1

Datos de campo de individuos de *C. acutus* registrados en el área de estudio

Field data of individuals of *C. acutus* recorded within the study area

Nº	Categoría de edad	Sexo	Longitud (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (psu)
1	Adulto	Indeterminado	3,50–4,00	32,0–33,0	28,0
2	Adulto	Indeterminado	2,00	34,0–37,0	18,0
3	Juvenil*	Indeterminado	0,30–0,90	32,0–37,0	10,0–28,0
4	Juvenil*	Indeterminado	0,30–0,90	32,0–37,0	10,0–28,0

*Los individuos juveniles fueron encontrados homogéneamente en la misma área

Américas se indica en la Tabla 2. Cabe destacar que en algunos sitios de la zona de ocurrencia del cocodrilo de la costa, el agua estuarina fue de muy baja turbidez, siendo más marcado en marea baja. Ello permitió observar claramente a varios especímenes incluso cuando buceaban por debajo de los botes a remo, por lo que se realizaron esfuerzos para conocer la composición de la población detectada. Los especímenes siempre fueron avistados en mayor número cuando el nivel de la marea era bajo, mientras que el menor número fue observado durante mareas intermedia y altas, encontrándose diferencias significativas (prueba Kruskal Wallis, $\chi^2 = 8.4615$, $GL=2$, $P=0.015$) entre el número de avistamientos y diferentes regímenes de mareas (Fig. 3). La temperatura superficial del agua en

el ramal y subramales de la parte terminal del estero Plano Seco fue siempre mayor a $32,0\text{ }^\circ\text{C}$, y la salinidad superficial del agua tuvo un rango entre 10,0 y 28,0 psu (Tabla 1). La media de temperatura y salinidad en los sitios de avistamientos de cocodrilos fueron $34,8 \pm 1,88^\circ\text{C}$ y $21,5 \pm 5,89$ psu, respectivamente. Fuera de los sitios de ocurrencia, la temperatura superficial promedio fue cerca de $24,0\text{ }^\circ\text{C}$ y la salinidad superficial promedio fue de 28,0 psu. En el hábitat de ocurrencia del cocodrilo de la costa se destaca la influencia de algunos tensores ambientales importantes de origen humano como la contaminación hídrica como producto de efluentes industriales y aguas servidas domésticas, captura incidental por pesquería artesanal local, alteración del hábitat por ruido proveniente de la

Tabla 2

Abundancia de *C. acutus* encontrada en este estudio y su comparación con densidad de poblaciones silvestres en otros países (tomado y actualizado de Thorbjarnarson 1989 y Sasa & Chávez 1992)

Abundance of *C. acutus* determined in this study and its comparison with densities of wild populations found in other countries (obtained and updated from Thorbjarnarson 1989 and Sasa & Chávez 1992)

Localidad	Método	Abundancia (rango): ind./km	Hábitat	Fuente
Honduras (Este)	bote/nocturno (diurno)	0,51 (0,00–2,40)	ría	Klein (1977)
Venezuela	bote/nocturno (diurno)	1,57 (0,08–3,67)	ría, costa, manglar	Seijas (1986)
Haití: Etang Saumatre	bote/nocturno	6,30 (0,16–21,3)	lago	Thorbjarnarson (1989)
República Dominicana: Lago Enriquillo	N/D	(18,9–25,7)*	lago	Thorbjarnarson (1989)
Costa Rica:				
Río Grande de Tarcoles	bote/nocturno	19,1**	ría	Sasa & Chávez (1992)
Río Tempisque	bote/nocturno	2,90**	ría	Sánchez <i>et al.</i> (1996)
Río Bebedero	bote/nocturno	4,50**	ría	Sánchez <i>et al.</i> (1996)
Belice:				
Zona costera	bote/nocturno	0,28 (0,02–0,96)	manglar	Platt & Thorbjarnarson (2000)
Turneffe Atoll	bote/nocturno	1,20 (0,40–3,60)	atolón de coral	Platt (2003)
Perú: Tumbes	bote/nocturno	0,18**	ría	Escobedo & Mejía (2003)
México: (Sinaloa) Estuario Verde	bote/nocturno	8,40**	estuario	Navarro-Serment (2002)
Colombia: Río Ermitaño (entre los Departamentos de Boyacá y Santander)	bote/nocturno	1,07 (0,00–2,66)	ría	Barrera (2004)
Ecuador:				
Estero Bajen, Golfo de Guayaquil	bote/nocturno	0,90**	manglar	Fiallos <i>et al.</i> (1979)
Estero Plano Seco, Golfo de Guayaquil	bote/nocturno	0,45 (0,27–0,63)	manglar	Este estudio (2005)

N/D = No disponible * no reporta abundancia media **no reporta rangos

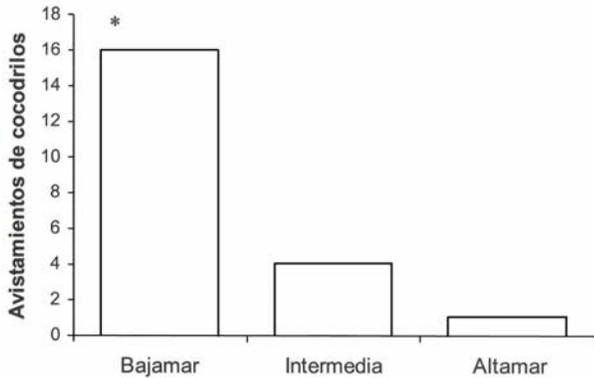


Figura 3

Comparación entre el número de avistamientos de cocodrilos y régimen del nivel de marea en el área de estudio. El asterisco indica diferencias significativas

Comparisons between the number of crocodiles sightings and tide level regimen within the study area. Asterisk indicates significant differences

navegación deportiva, así como deforestación de manglar por crecimiento urbanístico. Uno de los principales factores ambientales son los efluentes calientes de las termoeléctricas, los cuales son vertidos directamente a la zona terminal del estero Plano Seco (zona de ocurrencia del cocodrilo) (Fig. 2), presentando temperaturas relativamente más elevadas en comparación a la del promedio normal del cuerpo de agua receptor (24,0°C en zonas no influenciadas por las termoeléctricas). La temperatura superficial del agua estuarina en el área de ocurrencia de cocodrilos fluctuó entre 32,0 y 37,5 °C (Tabla 1). Sin embargo, en una auditoría ambiental a una de estas termoeléctricas (ESPOL 2004⁷) se reportó que la temperatura de salida del efluente fue de 37,9 °C (otros parámetros fueron: pH 7,20, salinidad 20,0 psu, DQO = 286 mg O₂/L, DBO = 10,2 mg O₂/L, aceites y grasas 8,00 mg/L, hidrocarburos totales de petróleo = 0,00 mg/L, y cobre = 0,03 mg/L). Los individuos observados en este estudio se encontraron en hábitats acuáticos con salinidades entre 10,0 y 28,0 psu (Tabla 1). Aunque una tendencia relativamente positiva fue hallada en el número de avistamientos de cocodrilos en relación con la temperatura superficial del agua y salinidad, se encontró una baja correlación, no significativa, entre el número

de cocodrilos avistados y la temperatura superficial del agua ($r^2=0,045$; $r=0,213$; $P>0,05$); tampoco se encontró una asociación significativa con la salinidad ($r^2=0,064$; $r=0,253$; $P>0,05$). Estos hallazgos sugieren la alta tolerancia de esta especie a habitar aguas con temperatura superficial relativamente alta y amplios rangos de salinidad, lo cual es característico de esta especie eurihalina.

La presencia de individuos de cocodrilo de la costa en esta área en particular, estaría relacionada con condiciones ambientales favorables para la especie, como son los rangos de salinidad y temperatura, régimen de mareas, sitios de anidación y disponibilidad de alimento y refugio. Thorbjarnarson (1989) señala que los micro-hábitats idóneos para *C. acutus* son aquellos en los que alternan zonas bajas y profundas con una adecuada área de tierra para anidamiento y asoleo, lo cual concuerda con el ambiente existente en el sitio de ocurrencia. Esta es una de las especies de cocodrilo más adaptables con relación a la ecología reproductiva o requerimientos de anidación; puede anidar en diferentes tipos de hábitat, extendiendo el rango de su hábitat a áreas perturbadas o artificiales, que reúnan los requerimientos de hábitat básicos para la especie (Gaby *et al.* 1985, Thorbjarnarson 1989, Ross 1998). En relación con la salinidad del agua, individuos adultos de esta especie están presentes o son encontrados frecuentemente en aguas estuarinas y marinas, mientras que los neonatos son generalmente encontrados en hábitats menos salinos (Ellis 1981, Thorbjarnarson 1989). En hábitats usados por cocodrilos de la costa en el sureste de Florida, la salinidad tuvo un rango entre 0,00 y 35,0 psu, con una media de 14 psu (Kushlan & Mazzotti 1989). En el Parque Nacional de Los Everglades, Florida, los adultos prefieren hábitats de baja salinidad (12,1 psu) comparados con los subadultos (12,6 psu), mientras que los juveniles se han encontrado en áreas de 20,1 psu (Mazzotti 1983). Por otro lado, en sistemas de canales de enfriamiento de una planta de poder nuclear, en Florida, con presencia de cocodrilos, la salinidad fue entre 0,00 y 40,0 psu, con una media de 25,2 psu para juveniles (Gaby *et al.* 1985).

La temperatura es otro factor físico importante en la reproducción y que define el sexo en estos reptiles. En el presente estudio, los avistamientos de cocodrilos se han suscitado en el área de influencia de dos centrales termoeléctricas, cuyos efluentes tratados en canales de enfriamiento son vertidos directamente a la parte terminal del estero Plano Seco, presentando temperaturas relativamente más elevadas (32,0 - 37,5°C; máxima = 37,9°C) en comparación a la temperatura

⁷ESPOL. 2004. Auditoría ambiental inicial de la central termoeléctrica Aníbal Santos. Centro de Estudios del Medio Ambiente (CEMA). Preparado para la Corporación para la Administración Temporal Eléctrica de Guayaquil-Marzo 2004. Guayaquil, Ecuador

media (25,0°C) reportada en otros sectores del estero Plano Seco, estero Salado y estero Mongon, favoreciendo probablemente, de esta manera, los procesos reproductivos de la especie. Por ejemplo, la presencia de cocodrilos y huevos ha sido reportada en canales de enfriamiento de plantas de poder o centrales nucleares, en donde la temperatura del agua oscila entre 30,6 y 36,1°C (Gaby 1985, Grenard 1991). Esta especie se ha catalogado como termoconformador, cuya básica estrategia para termorregulación es evitar el rápido sobrecalentamiento o estrés térmico durante el día (Thorbjarnarson 1989). Los adultos salen a tierra en tempranas horas de la mañana y al atardecer, y en la noche también pueden estar en tierra para bajar la temperatura (Álvarez del Toro 1974, Medem 1981). Cuando las temperaturas son altas, los adultos se sumergen hacia aguas frías, se ubican cerca de nichos donde hay sombra o se esconden entre la vegetación flotante (Álvarez del Toro 1974, Thorbjarnarson 1989). Esta última característica fue compartida por ambos individuos adultos identificados en la zona de estudio, presentes en lugares con bastante cobertura forestal, en particular el de mayor longitud (Tabla 1), al cual se lo observó descansando en partes altas e inmediatamente sumergiéndose a una zona bastante profunda ubicada en la parte posterior del Yacht Club (ciudadela Puerto-Azul) (Fig. 2). Los avistamientos fueron más evidentes y acumulados durante la marea baja en relación a las mareas intermedias y altas (Fig. 3). Esto puede ser explicado porque *C. acutus* evita y se protege de la acción de las olas, encontrándose mayor densidad de individuos en áreas resguardada del oleaje (Thorbjarnarson 1989). Esto habría incidido en la agregación de individuos en la parte terminal del estero Plano Seco y mayores avistamientos durante la bajamar.

Los individuos adultos en comparación con los individuos juveniles fueron más esquivos a la presencia humana, lo que hizo más difícil encontrarlos, coincidiendo con el estudio de Barrera (2004⁶); estos dos individuos adultos se localizan en zonas diferentes, probablemente debido a territorialismo. Sánchez *et al.* (1996) mencionan que durante la época de reproducción, las hembras suben en busca de playones o sitios aptos para anidamiento, en sitios donde la marea no inunde el sector; esta conducta coincide con el comportamiento de un individuo adulto de sexo aun no determinado, que frecuenta la punta del Yacht Club (ciudadela Puerto Azul), pues siempre se lo ha visto en una zona alta lejana del régimen de marea en pleamar con una pendiente de acceso cercana a los 50°, en plena época reproductiva.

Los juveniles se distribuyeron a todo lo largo del área de estudio, pero en mayor número en zonas con

canales poco navegables que ofrecen protección y que son menos favorables para los adultos; esto es coincidente con el estudio de Navarro *et al.* (2002). Individuos subadultos (talla de clase= 0,90–1,80 m) no fueron observados en el área de estudio, lo cual puede atribuirse a que son difíciles de observar (provocando sesgos en el muestreo), ya que poseen altas tasas de crecimiento (la etapa de subadulto es corta: 1–2 años), lo que reflejaría un bajo porcentaje de subadultos (Sasa & Chávez 1992), además, generalmente presentan segregación espacial o comportamiento disgregativo (Mazzotti 1983, Gaby 1985, Sasa & Chávez 1992). Los subadultos son generalmente la categoría menos observada o encontrada en poblaciones de cocodrilos (Mazzotti 1983). La composición de la población encontrada en este estudio es diferente a la hallada por otros autores en el Caribe y Sudamérica (Thorbjarnarson 1989, Sasa & Chávez 1992, Escobedo & Mejía 2003, Sánchez *et al.* 1996, Navarro-Serment 2002, Barrera 2004⁶). Por ejemplo, Escobedo & Mejía (2003) encontraron un 83% de individuos juveniles en los manglares de Tumbes, proporción mucho mayor a la hallada en este estudio (50%). En este sentido, aunque nidos y crías no fueron detectados, la presencia de juveniles y adultos en estas áreas estaría relacionada con el impacto favorable de los efluentes calientes de las termoeléctricas. Aunque los movimientos de las crías son virtualmente nocturnos (Thorbjarnarson 1989), generalmente ellas se alejan de lugares expuestos a la acción de olas, escondiéndose entre la vegetación flotante o ripícola (e.g., raíces de manglar) y se desplazan al interior del manglar, refugiándose en esteros estrechos y aguas poco profundas (Mazzotti 1983). No se hicieron incursiones terrestres hacia el interior de las áreas manglar en busca de nidos o neonatos.

La abundancia relativa o tasa de encuentro hallada en el presente estudio está entre las más bajas (0,27-0,63 ind./km) al compararla con las abundancias de otros estudios realizados en México, Haití, República Dominicana, Costa Rica, Venezuela y Colombia (Seijas 1986, Thorbjarnarson 1989, Sasa & Chávez 1992, Sánchez *et al.* 1996, Navarro-Serment 2002, Barrera 2004⁶). Sin embargo, este valor de densidad es relativamente superior a los encontrados en Perú y Belice (Platt & Thorbjarnarson 2000, Platt 2003, Escobedo & Mejía 2003). La densidad poblacional hallada en los manglares de Tumbes, Perú, es la más baja (0,18 ind./km) registrada hasta la fecha; allí existe una población pequeña de cerca de 22 individuos registrados a lo largo de 122 km (Escobedo & Mejía 2003). De acuerdo a Escobedo (2004), es muy posible que ocurra flujo genético entre las poblaciones de

Ecuador y Perú, específicamente con individuos que estarían aun presentes en la zona de manglares de la Provincia del Oro, en la frontera costera con Perú, en los manglares de Tumbes; sin embargo, habría que comprobar la existencia de la especie en el archipiélago de Jambelí, en Ecuador. Este escenario sería un caso de estructura metapoblacional entre estas dos subpoblaciones que están compartiendo un ecosistema binacional (Medem 1983). Este aspecto poblacional estaría conllevando probablemente a un caso de endogamia, porque en ambos países las poblaciones son extremadamente pequeñas, generando la potencial pérdida de diversidad genética (Ives & Whitlock 2001).

En el área de ocurrencia de *C. acutus*, la vegetación estuvo predominantemente representada por bosques de mangle rojo (*R. mangle*) (Fig. 2) y se identificaron 29 especies de macrofauna; por ejemplo, se observaron colonias de murciélagos pescadores (*Noctilio leporinus*) y colonias reproductivas de aves acuáticas (garzas de la familia Ardeidae: *Egretta* spp., *Ardea* spp.), así como especies de aves marinas (e.g. pelicanos, *Pelecanus occidentales* y fragatas, *Fregata magnificens*). La presencia de estas especies estaría relacionada con la disponibilidad de alimento, por la abundancia de camarones (e.g., *Litopenaeus* spp.) y peces (e.g., especies de Sciaenidae, *Cynoscion* spp. y otras especies tales como *Mugil* sp., bagre, *Arius* sp., y tilapia, *Oreochromis niloticus*) existentes en la zona. La presencia de invertebrados y vertebrados (garzas y peces) estaría aportando muy probablemente como fuente de alimento a la pequeña población de cocodrilos existentes esta zona. Mazotti (1983) observó que los cocodrilos adultos invierten la mayor parte de su tiempo en áreas interiores y hábitats protegidos por *R. mangle*, efectuando movimientos hacia colonias reproductivas de garzas que ofrecen disponibilidad de alimento. Estos hechos son similares a los encontrados en este estudio, sin embargo, las observaciones en este aspecto deben ser más profundamente estudiadas y verificadas a través de investigaciones enfocadas en ecología alimenticia de esta especie en esta área.

El presente estudio tiene que verse como una contribución a la estimación poblacional de *C. acutus* habitando los manglares del área protegida “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” durante la estación seca y no como la población total existente en el estuario del Golfo de Guayaquil. De igual manera, este es el primer estudio en la costa Pacífica de Sudamérica en donde se ha evidenciado la agregación de esta especie con relación a efluentes térmicos, rangos amplios de salinidad, calidad de hábitat e influencia de

la urbanización y actividades humanas, los cuales influyen en su población y distribución. Las especies amenazadas, incluyendo el reptil sujeto de esta investigación (*C. acutus*), deben ser catalogadas como bioindicadoras o banderas de esta área protegida para monitorear el estado de funcionamiento y salud de este ecosistema estuarino-marino. Futuras investigaciones en la especie deben enfocarse a un estudio más amplio y extenso en la región especial del estuario del Golfo de Guayaquil, proporcionando continuidad de estudio a la población de esta Reserva, y actualización del conocimiento de la especie en otras áreas relevantes tales como la Reserva ecológica nacional manglares Churute y el estero Bajén, además de otros sitios de interés donde se han suscitado avistamientos casuales tales como estero Lagarto en el canal de El Morro, y esteros aledaños a la comunidad de Cerrito de los Morreños. En particular, se necesita comprobar la ocurrencia de *C. acutus* en la zona de manglares del archipiélago de Jambelí (Provincia del Oro) y la zona de manglares de Tumbes para justificar posteriormente un estudio de población bio regional, en cooperación con organizaciones de Perú.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los voluntarios de campo y personal de apoyo a bordo de la embarcación, por la ayuda y tiempo invertido en el estudio. Agradecemos a Jaime Camacho y a dos evaluadores anónimos por la revisión y valiosas sugerencias vertidas a este manuscrito. La presente investigación fue financiada por EcoCiencia y Conservation Internacional - Ecuador, a través del Programa de Becas de Investigación para la Conservación. Se agradece la autorización del Distrito Regional Forestal del Guayas, Los Ríos y El Oro del Ministerio del Ambiente, otorgada el 11 de octubre de 2004, mediante autorización de investigación científica # 2 DRF/LB-G-LR-EO-MA.

Literatura citada

- Alava JJ, R Carvajal & J Baquerizo. 2003. *Crocodylus acutus* in the Gulf of Guayaquil Bioregion: current status and census of captive individuals. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 22(4):15-16.
- Álvarez del Toro M. 1974. *Los Crocodylia de México*, 70 pp. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables (IMERNAR), México.
- Álvarez del Toro M. & L Sigler. 2001. *Los Crocodylia de México*. 1ª ed, 134 pp. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables (IMERNAR), PROFEPA. México.

- Casas G. 2003.** Ecología de anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylia) en la desembocadura del Río Cuitzmala, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 89: 111-128.
- Chabreck RH. 1966.** Methods of determining the size and composition of Alligator population in Louisiana. *Southeastern Association of Game Fish Commissioners* 20: 105-112.
- Ellis TM. 1981.** Tolerance of sea water by the American crocodile, *Crocodylus acutus*. *Journal of Herpetology* 15:187-192.
- Escobedo AH & F Mejía. 2003.** El Cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807): estudio preliminar de su estado actual en el norte de Perú. *Ecología Aplicada* 2(1): 133-135.
- Escobedo AH. 2003.** Periodos de actividad y efecto de las variables ambientales en el Cocodrilo (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807): Evaluando los métodos de determinación de la fracción visible. *Ecología Aplicada* 2(1):136-140.
- Escobedo AH. 2004.** Avances en el conocimiento y el estado actual de conservación del Cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus* Cuvier, 1807). *Revista Peruana de Biología* 11(2): 203-208.
- Forestieri J. 1994.** Crocodile and Caiman Farm. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 13(3):14-15.
- Gaby R, MP McMahon, F Mazzotti, WN Gillies & JR Wilcox. 1985.** Ecology of a population of *Crocodylus acutus* at a power plant site in Florida. *Journal of Herpetology* 19(2): 189-198.
- Grenard S. 1991.** Handbook of Alligators and Crocodiles, 210 pp. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.
- Groombridge B. (ed) 1993.** 1994 IUCN Red List of Threatened Animals. lvi + 286 pp. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Ives AR & Whitlock MR. 2002.** Inbreeding and metapopulations. *Science* 295: 454-455.
- Kushlan JA. 1974.** Observations on the role of the American alligator (*Alligator mississippiensis*) in the Southern Florida wetlands. *Copeia* 4: 993-996
- Kushlan JA & Mazzotti FJ. 1989.** Population biology of the American crocodile. *Journal of Herpetology* 23:7-21.
- Lang JW. 1979.** Crocodylian thermal behavior: Alligators vs. crocodiles. *American Zoology* 19(3): 975.
- Mazzotti, FJ. 1983.** The Ecology of *Crocodylus acutus* in Florida. PhD Thesis, Pennsylvania State University. University Park, Pennsylvania, 161 pp.
- Medem F. 1981.** Los Crocodylia de Sur América. Los Crocodylia de Colombia. Vol. I, 270 pp. Editorial Carrera. Bogota, Colombia.
- Medem F. 1983.** Los Crocodylia de Colombia. Vol. II, 270 pp. Editorial Carrera. Bogotá, Colombia.
- Navarro-Serment CJ. 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 (CIAD), Mazatlán, Sinaloa, México, 70 pp.
- Pearson D & L Beletsky. 2000.** Ecuador and its Galapagos Islands - The Ecotravellers Wildlife Guide, 485 pp. Academic Press. Nueva York.
- Platt SG & JB Thorbjarnarson. 2000.** Status and conservation of the American crocodile, *Crocodylus acutus*, in Belize. *Biological Conservation* 96: 13-20.
- Platt SG. 2003.** A recent survey of the American crocodile in Turneffe Atoll, Belize. *Crocodile Specialist Newsletter* 22(2): 17-20.
- Ross JP. (ed). 1998.** Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. 2nd Edition. Viii + 167 pp. IUCN/SSC. Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Schubert A. 1994.** Conservation of American crocodile. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 13(3): 14
- Salas CE. 1985.** Contribución al conocimiento sobre el manejo del *Crocodylus acutus* Cuvier (Crocodylia, Crocodylidae) en el Refugio Nacional de Fauna Silvestre Dr. Rafael Lucas Rodríguez Caballero, Palo Verde. Tesis de Licenciatura. San Pedro de Montes de Oca, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 49 pp.
- Sasa M & G Chávez. 1992.** Tamaño, estructura y distribución de una población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 40: 131-134.
- Seijas AE. 1986.** Situación actual del caimán de la costa, *Crocodylus acutus*, en Venezuela. *Proceedings of the 7th Meeting of the ISSC Crocodile Specialist Group, Caracas, Venezuela.* Pp. 96-108 IUCN, Gland, Switzerland.
- Suárez L & M García. 1986.** Extinción de animales en el Ecuador, descripción de 60 especies amenazadas. 153 pp. Fundación Natura. Quito, Ecuador.
- Thorbjarnarson J. 1989.** Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*. En: *Crocodiles: Their Ecology, Management and Conservation*, pp. 228-257. A Special Publication of the Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland.