



MINISTERIO DE  
AMBIENTE Y ENERGÍA

GOBIERNO  
DE COSTA RICA



Abundancia relativa y estado poblacional del  
Cocodrilo Americano (*Crocodylus acutus*) en  
Costa Rica



## Abundancia relativa y estado poblacional del Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), en sus zonas de distribución en Costa Rica



**Publicado por:** SINAC, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica

**Elaboración técnica:** Mauricio Méndez Venegas, ACT-SINAC [mauricio.mendez@sinac.go.cr](mailto:mauricio.mendez@sinac.go.cr); Juan Rafael Bolaños Montero, ASOPROCROC-CA, [crocacutus@gmail.com](mailto:crocacutus@gmail.com); Iván Sandoval Hernández, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, [ivan.sandoval.hernandez@una.cr](mailto:ivan.sandoval.hernandez@una.cr).

**Copyright:** © 2023. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición que se mencione la fuente.

**Citar como:** Méndez-Venegas, M. 2023, Bolaños-Montero, J. y Sandoval-Hernández, I. Abundancia relativa y estado poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), en sus zonas de distribución en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 43 p.

El proceso de elaboración de este documento se llevó a cabo por solicitud del Ministerio de Ambiente y Energía y la Dirección Ejecutiva del SINAC y con el aporte voluntario de la Universidad Nacional y la Asociación de Especialistas en Crocodílidos-CA.



## Contenido

Resumen.....	3
Introducción* .....	4
Objetivo .....	8
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos.....	8
Metodología .....	9
Resultados .....	10
Densidad relativa de la población de cocodrilos en Costa Rica .....	10
Estructura de la población.....	20
Proporción de sexos .....	22
Tendencia poblacional.....	23
Relación de presencia vs asentamientos humanos* .....	25
Ataques fatales y no fatales a humanos.....	29
Conclusiones .....	33
Recomendaciones .....	35
Referencias bibliográficas.....	38

## Resumen

**Introducción:** En este informe se analiza el estado de la población de cocodrilos de Costa Rica, a partir de información secundaria que incluye información desde 1992. **Objetivo:** Determinar la abundancia relativa y estructura poblacional de cocodrilos en Costa Rica, a partir de información secundaria, con el fin de propiciar la toma de decisiones sobre el manejo de la especie y con ello, generar recomendaciones que permitan la adecuada toma de decisiones para el manejo activo de la población de cocodrilos. **Metodología:** El análisis se realiza por zonas de estudio e incluye datos sobre la abundancia relativa y estructura de la población, proporción de sexos y tendencia poblacional de los sitios con suficientes repeticiones. Se incluye un apartado sobre la relación entre presencia de cocodrilos y poblaciones humanas, extraído de la investigación de Sandoval (2022), así como un análisis sobre los ataques que han ocurrido en el país con base en datos publicados y no publicados, a partir de 1988 (Sánchez, sin publicar). **Resultados:** Los datos muestran que la mayor densidad relativa de cocodrilos del país se encuentra en el Gran Humedal del Tempisque (GHT) (8.68 ind./km), en el Pacífico Central (6.93 ind./km) y el Pacífico Norte (5.57 ind./km); mientras que la mayor abundancia relativa de cocodrilos adultos está en el para el GHT (1,74 ind./km), Pacífico Central (1.22 ind./km) y Golfo de Nicoya (0.75 ind./km). La población de cocodrilos del Río Tempisque y Bebedero mostró una tendencia a crecer hasta el 2012 y 2015, respectivamente, mientras que la del Río Tárcoles, se mostró decreciente hasta el 2008; sin embargo, esto debe ser verificado con nuevos datos. La estructura de la población de cocodrilos está compuesta en su mayoría por individuos de talla menor, reclutas y juveniles, lo cual corresponde a lo esperado para la especie. Durante los últimos 36 años, se han registrado un promedio de 2.2 ataques/año de cocodrilos hacia humanos (80 en total), con un promedio de 1.58 ataques no fatales/año (57 = 71%) y de 0.64 ataques fatales/año (23 = 29%). La mayor incidencia de ataques ocurrió durante la época de eclosión de crías (abril y mayo) y en setiembre y octubre (cortejo y apareamiento) en las provincias de Puntarenas y Guanacaste. **Conclusiones:** Los estudios sobre la población de cocodrilos indican que la cantidad de individuos en las zonas de estudio no son altas, especialmente al considerar los adultos, que son los reproductores en una población y los que potencialmente pueden atacar al ser humano, por lo que se concluye que no existe sobrepoblación de cocodrilos en el país. La zona con la población más grande de cocodrilos de Costa Rica es el Gran Humedal del Tempisque, con datos que muestran el crecimiento de la población, mientras que la población de cocodrilos en el Río Tárcoles descendió. Los ataques a seres humanos se han registrado a lo largo del año con picos en la época de eclosión de crías y cortejo. Existe un riesgo potencialmente alto de ataque a personas que realizan actividades recreativas o de subsistencia en cuerpos de agua con cocodrilos adultos. **Recomendaciones:** Entre las principales están implementar acciones preventivas inmediatas y de corto plazo como rotulación y acciones de comunicación a las comunidades con riesgo potencial alto y medio de interacción negativa; fortalecer la respuesta operativa del SINAC, Cuerpo de Bomberos y Ministerio de Seguridad Pública para la atención de casos; realizar los monitoreos para disponer de información actualizada; generar modificaciones al reglamento a la Ley de Conservación de Vida Silvestre para la atención adecuada de las interacciones humano cocodrilo y elaborar instrumentos técnicos que contribuyan a la prevención de ataques, con la participación de actores interesados en el tema.

## Introducción\*

En el mundo se reconocen 23 especies de crocodílidos, pertenecientes al orden Crocodylia. De éstas, 14 pertenecen a la familia Crocodylidae, 8 a la familia Alligatoridae y 1 a la familia Gavialidae (Ross 1998, Ross 1998, Leenders, 2019). Los crocodílidos habitan en las zonas tropicales y subtropicales, su hábitat comprende ríos, lagos y pantanos, de agua fresca o salobre (Ross 1998). En Costa Rica se encuentran dos especies de crocodílidos: *Caiman crocodilus fuscus* (Crocodylia: Alligatoridae) y *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) (Sánchez, 2001).

A lo largo de las costas costarricenses es posible encontrar a la única especie en el país representante de la familia Crocodylidae, el cocodrilo americano, especie que puede alcanzar una talla máxima reportada de 6 metros de longitud total (Medem, 1981). Este se distribuye en ambas costas de Costa Rica, e inclusive en aguas continentales. En el Pacífico suele preferir zonas de manglar, ríos anchos y caudalosos. Así, en las zonas secas de la vertiente Pacífica su presencia es abundante en ríos como Cañas, Tempisque, Tárcoles y Jesús María, mientras que hacia el sur en los ríos Grande de Térraba y Coto (Bolaños et al., 1997). El cocodrilo americano (*C. acutus*, Reptilia: Crocodylidae) es una especie que se encuentra amenazada (Brien et al., 2008), está incluida en el apéndice I de CITES y es considerada como vulnerable en la lista roja de UICN (Balaguera-Reina y González-Maya, 2010). En el Caribe, es común su distribución en todas las zonas de humedales de la vertiente, así como en la Zona Norte. Compartiendo simpátricamente el ambiente en el Caribe, zona norte y el Pacífico Central y Sur, también se encuentra al único representante de la familia Alligatoridae; el caimán o guajipal, con una talla máxima reportada de hasta 2.8 metros de longitud total (Bolaños, Sánchez y Piedra, 1995).

Se ha identificado que en los ríos caudalosos y en las costas están los cocodrilos de mayor talla, dado que estos son los sitios de más amplia movilización y óptimos para sus requerimientos. En los afluentes aledaños a estos ríos principales están los de tallas media a grandes o los individuos que han sido desplazados por los machos alfa. Las áreas costeras, aunque la composición es diversa, son dominadas por cocodrilos de tallas grandes (Sasa y Chaves, 1992; Sánchez, 2001; Valdelomar et al., 2012; Sandoval et al., 2017).

Diferentes investigaciones muestran que las poblaciones más abundantes de cocodrilos del país se encuentran en el Gran Humedal del Tempisque, en el Pacífico Central (ríos Tusures y Tárcoles) y en el Pacífico Norte (Río Bongo (Sánchez, 2001, Mendez-Venegas et al., (en prep.)). Sin embargo, desde hace más de setenta años, la cacería ilegal con fines comerciales y deportivos llevó a la especie al borde de la extinción en Costa Rica (Bolaños, 2012a; Sandoval et al., 2017), por lo que actualmente está declarada esta especie con población reducida o amenazada, según la resolución R-SINAC-CONAC-092-2017. En el Caribe Norte, Central y zona Norte de Costa Rica los tamaños poblacionales son importantes, especialmente en los ríos Matina, Pacuare, Reventazón, Parismina y en la zona del Parque Nacional Tortuguero y Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado

\*Tomado y modificado de: Sandoval, I. 2022. Análisis del paisaje del hábitat del cocodrilo *Crocodylus acutus* en Costa Rica, tendencias poblacionales y conflicto con humanos. Tesis doctoral. Departamento de Microbiología y Ecología, Universidad de Valencia, España. 219p. <https://roderic.uv.es/handle/10550/82383>).

(Bolaños et al., 2019, Sandoval et al., 2021).

Estudios de las últimas dos décadas indican que la aplicación de la ley 7317 en el país ha sido exitosa y las poblaciones de cocodrilos han aumentado (Sánchez, 2001; Bolaños, 2012a; 2012b; Valdelomar et al., 2012; Orozco, 2015; Sandoval et al., 2017), hay evidencia que muestra que desde principios de la década de los noventa se identificó una mayor presencia de cocodrilos en sus áreas de distribución natural, así como un aumento de incidentes entre humanos y cocodrilos en el Pacífico norte y central del país (Bolaños, 2012a; Sandoval et al., 2019; Porras et al., 2020 et al.), gran parte de estos incidentes tienen una relación directa con la proximidad humana al hábitat del cocodrilo (Bolaños, 2012b; Porras et al., 2020).

Actualmente, estas interacciones persisten debido al amplio desarrollo de actividades antrópicas, crecimiento de la población humana y actividades agrícolas en áreas de ríos, estuarios y cuerpos de agua. Estas actividades han generado la alteración del medio natural afectando el hábitat de la especie y potenciando la interacción con el ser humano (Sandoval et al., 2019; 2020).

Las especies de crocodílidos son consideradas como especies clave, debido a su efecto positivo sobre el ambiente, ya que, por su actividad, mantienen la estructura y función de los ecosistemas. Dentro de sus funciones se puede reconocer la depredación selectiva de peces, reciclaje de nutrientes y mantenimiento de la humedad en refugios durante las épocas de sequía (Ross, 1998). Son los mayores depredadores en su hábitat y se creó que están siendo afectados por la pérdida de hábitat, cambios en el uso del suelo, contaminación de las aguas y cacería en toda su zona de distribución. La pérdida combinada del hábitat y de crocodílidos representa una significativa pérdida de biodiversidad, de potencial económico y de estabilidad del ecosistema (Ross, 1998). Balaguera-Reina y González-Maya (2010), indican que el cocodrilo es clave para el mantenimiento de los procesos ecológicos dentro de los ecosistemas acuáticos debido a su posición en la pirámide alimenticia como depredadores máximos; pero también señalan que, debido a sus características de uso de hábitat, abundancia y proporción de sexos necesitan atención inmediata debido al grado de amenaza a la que están sujetos y plantear medidas claves para reducir la problemática entre estos animales y las personas.

Sasa y Chaves (1992), Valdelomar et al., (2012), Morales (2013), Sandoval et al., (2019; 2020), y Porras et al., (2020), mencionan que el traslape de sus actuales hábitats con zonas urbanizadas generan incrementos en las interacciones entre los humanos y cocodrilos. Esto es debido a la presencia de estos reptiles en ríos, lagunas, manglares y esteros en los que se reconoce que se desarrollan actividades antrópicas incluyendo turismo, así como actividades económicas propias de las regiones. Así mismo, la presencia de la especie en la vida cotidiana de las distintas regiones ha generado una imagen negativa de la especie, lo cual se ha convertido en una problemática que se acrecienta ante los ataques reportados tanto a personas como animales domésticos (Jiménez et al., 2008).

De la misma manera las variaciones en el paisaje, el que las personas y actividades turísticas estén más cerca o en el hábitat del cocodrilo y el desconocimiento de la ecología de la especie, generan un aumento en las posibilidades de interacción (Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020, Porras y Cambronero 2020). Como se ha expuesto, se ha comprobado que las interacciones entre los humanos y cocodrilos son más frecuentes, lo que propicia un mayor número de ataques a pobladores y turistas, lo cual supone un problema de manejo de la especie. Al respecto, Fonseca (2008), Sandoval et al., (2017), y

Porras y Cambroner, (2020), presentan datos que indican que los ataques de cocodrilos a humanos se han acrecentado.

Desde este punto de vista, Woodroffe et al., (2005) han observado que los conflictos entre humanos y vida silvestre son un problema creciente en todo el mundo, y señalan especialmente que los cocodrilos son uno de los principales grupos involucrados (Lamarque et al., 2009; Amarasinghe et al., 2015). De hecho, los cocodrilos se destacan por ser un grupo involucrado en una gran cantidad de interacciones con humanos en todo el mundo, esto principalmente porque los humanos y los cocodrilos se encuentran a menudo compartiendo su hábitat (Vanwersch, 1998; Ferguson, 2004; Caldicott 2005; Langley, 2005; McGregor, 2005; Woodroffe et al., 2005; Aust et al., 2009; Lamarque et al., 2009; Amarasinghe et al., 2015; Pooley, 2017; Pooley et al., 2021), por lo que es común que surjan conflictos incluso cuando hay modificación del hábitat del cocodrilo por parte del humano (Mazzotti et al., 2007; Murray et al., 2015).

Para *C. acutus* se ha reportada una talla máxima de 6 m de longitud total (Medem, 1981). Sin embargo, el registro de los ataques ocurridos en Costa Rica indica que estos han ocurrido, con muy pocas excepciones, en cocodrilos con una longitud total superior a 2.5 (Porras & Cambroner, 2020). Esta talla corresponde a individuos en estado subadulto, el cual normalmente es un componente importante de la estructura etaria de esta especie. Por otra parte, Pooley et al. (2021) menciona que un alto porcentaje de los ataques son producidos por cocodrilos de un tamaño superior a 3 m. En el caso de Australia, los ataques han ocurrido con individuos con un tamaño superior a 2.7 m para *C. porosus* (Brien et al., 2017). En otros sitios como México (García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2019), Sudan (Benansio et al., 2022) e India (Das & Jana, 2017) los análisis sobre interacciones humano cocodrilo que involucran ataques no reportan tallas promedio de los animales involucrados. En el caso el caimán o guajipal (*C. crocodilus fuscus*) Escobedo-Galván (2008) reporta que para Caño Negro la mayoría de los individuos se ubicaron por debajo de los 0.6 m y entre 1.5 m y 1.8 m de longitud total, lo que conlleva a que los ataques a humanos sean raros (Bolaños, Sánchez y Piedra, 1996-1997), debido a su tamaño relativamente pequeño. De lo anterior se evidencia que la talla de un cocodrilo es un factor relevante a la hora de valorar el riesgo de que ocurra un ataque.

La hora del día, la actividad que realizaba la víctima y la ubicación dentro o fuera del hábitat del cocodrilo son variables que explican la ocurrencia de los ataques (Porras & Cambroner, 2020). En el caso de Costa Rica, la mayoría de las interacciones ocurrieron durante el día, un hecho potencialmente explicado por el comportamiento humano de estar en cuerpos de agua o en la costa adyacente mientras hay sol. Otros investigadores asocian los ataques al género, con una mayor incidencia en hombres (Vyas & Sftevenson, 2017; Porras & Cambroner, 2020), mientras que García-Grajales y Buenrostro-Silva (2019) concluye que la mayoría de las víctimas de los ataques ocurridos en México por *Crocodylus niloticus* tenían entre 19 y 41 años y la tasa de ataques fue de 7.6 ataques por año. Según Brien et al. (2017), en el caso de Queensland, Australia, el mayor número de ataques, avistamientos, traslados y reubicaciones se produjeron a lo largo de la poblada costa este durante los meses de la temporada de lluvias (noviembre-febrero), en su mayoría involucrando a habitantes locales o visitantes habituales (77,1%), específicamente hombres adultos (71,4%; edad promedio 44). La tasa de ataques fue de 0,8 por año; fatales 0,3 por año desde 1971 y se incrementó a un promedio de 1,3 por año desde 1996, la mayoría de los cuales no fueron fatales (84%). Señala, además que el número de avistamientos de cocodrilos aumentó anualmente (con una media de 348 por año desde 2011), mientras que el número de cocodrilos retirados o reubicados con fines de gestión (n

= 608) ha fluctuado ampliamente cada año (rango 1 a 57). Concluye que el nivel de conflicto entre humanos y cocodrilos en Queensland está aumentando, y es probable que esto sea consecuencia del aumento de las poblaciones de humanos y cocodrilos. Si bien el conflicto es mayor durante la temporada de lluvias, los cocodrilos de estuario representan una amenaza para la seguridad pública durante todo el año. Vyas & Sftevenson (2017) informan que en el caso de India, entre 1960 y 2013 se registraron 0.83 ataques por año de *Crocodylus palustris*, el 68.75% de ellos sufridos por hombres y 31.25% por mujeres, ocurridos durante la época de apareamiento, que en ese sitio ocurre entre abril y setiembre. Lo anterior muestra que existen épocas del año en el que el riesgo de ataque de cocodrilos se incrementa, ya sea por la agresividad de los machos para expulsar intrusos de su territorio o de las hembras para proteger sus crías.

Valdelomar et al., (2012), Morales (2013), y Sandoval et al., (2017), han comprobado que los pobladores de las comunidades del Pacífico Norte de Costa Rica identifican al cocodrilo como abundante, consideran que sus poblaciones han crecido en los últimos años. Así mismo, estos autores identificaron que los pobladores están dispuestos a hacer actividades de recreación, natación y la pesca artesanal, en el cauce principal de áreas de distribución de cocodrilos, lo que hace que se incremente el riesgo de ataque por la especie, más aún cuando se considera que dichas actividades se realizan diaria, semanal y mensualmente. Lo anterior evidencia que no se reconocen los riesgos de ataque ni la densidad de cocodrilos en el río. Así mismo, se muestra una falta de conocimiento acerca la historia natural y ecología de la especie. Lo anterior también ha sido propuesto por Sasa (1991), Sánchez (2001), Bolaños (2012a; 2012b), Valdelomar et al., (2012), Orozco (2015), Sandoval et al., (2017), Sandoval et al., (2019), y Sandoval et al., (2020), quienes han mencionado que el traslape entre el hábitat del cocodrilo y zonas urbanas generan mayor posibilidad de conflictos e interacciones entre humanos y cocodrilos.

De esta manera, la protección que les otorga la ley en Costa Rica, y debido a que los cocodrilos son oportunistas, podrían estar beneficiándose del crecimiento demográfico humano, el avance de la frontera agrícola y la presión urbana. Los cocodrilos suelen alimentarse de animales domésticos en áreas con asentamientos humanos, situación que podría disminuir la competencia intraespecífica en algunos de los hábitats del cocodrilo (Valdelomar et al., 2012; Morales, 2013; Carrillo, 2013; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; Sandoval et al., 2020). La ocupación progresiva de humanos en varios ambientes podría estar generando mayores conflictos entre humanos y cocodrilos a medida que los humanos cambian las condiciones de esos ambientes habitados por cocodrilos, lo que a su vez afecta el comportamiento de los cocodrilos (Valdelomar et al., 2011; Bolaños, 2012a; Bolaños, 2012b; et al., Morales, 2013; Peraza, 2015; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019).

Los estudios sobre la población de cocodrilos en el país se iniciaron en 1992 con trabajos como el de Sasa y Chaves (1992). A partir de entonces, muchos estudios se han realizado en mucho promovidos y desarrollados desde la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional. Tesis de diferentes grados académicos se desarrollaron como parte de esta investigación, así como investigaciones que llevan a publicaciones científicas en revistas en todo el mundo. Este valioso trabajo de más de 40 años, es la base para este informe, el cual viene a recopilar, intentar ordenar y analizar resultados de investigaciones de distintas dimensiones y alcances metodológicos. Estos estudios son el aporte de muchos científicos y profesionales que por décadas han considerado a los cocodrilos como especies importantes tanto por su papel ecológico, interacciones con el ser humano y



potencial económico y que les impulsó a dedicar recursos y esfuerzos en generar el conocimiento sobre el cual hoy en día se toman decisiones de manejo sobre esta especie.

En este contexto, el Poder Ejecutivo ha manifestado su preocupación por lo que la ciudadanía percibe como una sobrepoblación de cocodrilos, de manera que el Ministerio de Ambiente y Energía ha solicitado un informe sobre poblaciones en los ríos o sitios más relevantes. De lo anterior se debe indicar si existe sobrepoblación, así como las medidas que se pudieran adoptar para el control de la población dentro del marco legal existente, si tal condición existiese (oficio DM-617-2023, del 08 de agosto de 2023).

## Objetivo

### Objetivo general

Determinar la abundancia relativa y estructura poblacional de cocodrilos en Costa Rica, a partir de información secundaria, con el fin de propiciar la toma de decisiones sobre el manejo de la especie.

### Objetivos específicos

1. Establecer la abundancia relativa (espacial) de cocodrilos adultos y del total de cocodrilos, para las zonas de estudio del país.
2. Estimar la estructura poblacional de cocodrilos por zonas de estudio, incluyendo la proporción de sexos.
3. Establecer el patrón de distribución espacial y temporal de los ataques fatales y no fatales de cocodrilos hacia humanos en Costa Rica.
4. Generar recomendaciones que permitan la adecuada toma de decisiones para el manejo activo de la población de cocodrilos de Costa Rica.

## Metodología

Esta investigación se basa enteramente en información secundaria generada a lo largo de 30 años de estudios desarrollados por diferentes investigadores, nacionales y extranjeros. Para este informe no se realizó ningún de trabajo de campo específicamente, dado el corto tiempo asignado para elaborar este documento.

Para delimitar adecuadamente los alcances de este estudio es necesario definir una población como un grupo de individuos de una especie que ocupa un área determinada y que intercambian genes. Al respecto, esta investigación se refiere a las poblaciones de *C. acutus* de Costa Rica, partiendo del supuesto que existen dos poblaciones que no intercambian genes y estas son las que habitan la vertiente Pacífico y la vertiente Caribe, de manera separada. Los estudios sobre la genética de estos organismos sugieren un bajo intercambio genético entre los cocodrilos del Tempisque con los del Pacífico Central y Sur (Mauger et al., 2017) y genéticamente la población del Pacífico Central presenta una mezcla genética entre cocodrilos del Río Tempisque y el Río Grande de Térraba (Barrantes, 2008), por lo que, aunque el intercambio genético es bajo, se puede considerar como una sola población. Otro concepto que considerar es el crecimiento poblacional, el cual se refiere al crecimiento o disminución de la cantidad de individuos de una población, debido a la interacción con el potencial biótico (capacidad del organismo de reproducirse en condiciones óptimas) y la resistencia ambiental (factores bióticos y abióticos que impiden a los organismos alcanzar su potencial biótico) (Sutton, 2006). Dicho de otra forma, las poblaciones silvestres tienden a aumentar hasta que son restringidas por los factores limitantes que condicionan su crecimiento, y en ese punto, descienden para luego tender hacia el equilibrio (Odum y Barret, 2006). Para efectos de este estudio, no se establecen los factores limitantes para el crecimiento de la población de cocodrilos, ni se intenta delimitar el potencial de estos, por lo que no se pretende establecer la cantidad potencial de cocodrilos que podría soportar el ecosistema, por ser extremadamente complejo dada la cantidad y complejidad de variables que se deberían considerar.

A partir de la información generada por los estudios que se han realizado desde 1992 sobre la población de cocodrilos en Costa Rica, se evalúa el estado de la población por zonas de estudio, incluyendo datos sobre la estructura de la población, mostrada en términos de abundancia relativa, es decir, cantidad de cocodrilos por km de transecto (km de ribera de río, manglar o laguna); proporción de sexos y tendencia poblacional de los sitios con suficientes repeticiones. Es importante recalcar que para la estimación de la población de las diferentes zonas se tomaron como referencia las publicaciones más recientes y que hayan tenido un alcance suficiente que refleje adecuadamente la zona de estudio. Es decir, cuando existe un estudio completo para una zona, este fue tomado como base del análisis. En caso de que una zona de estudio no disponga de un estudio completo para un momento específico, se utilizaron los estudios parciales que al ser sumados mejor reflejaran esa sección del país.

Se incluye un apartado sobre la relación entre presencia de cocodrilos y poblaciones humanas, extraído de la investigación realizada por Sandoval (2022), así como un análisis de los ataques que han ocurrido en el país desde 1988, con base en datos publicados y no publicados.

## Resultados

### Densidad relativa de la población de cocodrilos en Costa Rica

Los estudios que se han realizado sugieren una división de Costa Rica en nueve zonas de estudio para su mejor y más fácil análisis. Eso también implica una sugerencia de la forma en que se podrían desarrollar futuros monitoreos de manera que los datos puedan ser comparados adecuadamente, así como de la operatividad administrativa por parte de MINAE-SINAC en sus áreas de conservación (figura 1). Estas nueve zonas de estudio son:

1. Pacífico Norte: se refiere a la parte externa de la Península de Nicoya, desde el Río Bongo hasta Bahía Salinas, frontera norte.
2. Gran Humedal del Tempisque (GHT): incluye los tributarios del Río Tempisque (ríos Ahogados, Tempisquito, Cañas (Santa Cruz), Río Bebedero y otros), el cauce principal del Tempisque y los humedales palustrinos en ambas riberas del río.
3. Golfo de Nicoya: incluye el Estero Letras, Río Morote, Estero Thiel, Estero Canjelito, Punta Morales y otros manglares del Golfo.
- 4.



Figura 1. Mapa de las zonas de estudio propuestas para el monitoreo de la población de cocodrilos (*C. acutus*) de Costa Rica.

5. Pacífico Central: incluye los ríos Jesús María, Tárcoles, Tusubres, Parrita, Paquita y Savegre.
6. Pacífico Sur: Desde el río Savegre y hasta la frontera sur del país.
7. Zona norte: incluye los ríos Sarapiquí, Río San Carlos, Chirripó, Sucio y Quebrada Ceiba.
8. Caribe Norte: incluye Barra Colorado, Puerto Lindo (oeste), Caño Bravo, Río Colorado, Caño Bravo, Barra Colorado, Laguna Agua Dulce, Laguna Samay, Caño Negro y Tortuguero.
9. Caribe Central: incluye los ríos Reventazón, Pacuare, Matina, Jalova y Caño California.
10. Caribe Sur: Incluye los ríos Banano, Bananito, Estrella, Sixaola y Estero Viscaya.

La primera publicación científica sobre el estado de la población de cocodrilos en Costa Rica fue la de Sassa y Chaves (1992). A partir de entonces se han continuado realizando estudios por diferentes investigadores, nacionales y extranjeros y han continuado hasta la actualidad. Los últimos estudios realizados corresponden al 2022 en el Pacífico Norte del por Méndez-Venegas et al., (en prep). Por otra parte, el Caribe Sur es la única zona que no cuenta con un estudio sobre la población de cocodrilos. El cuadro 1, muestra el resumen de los datos para los diferentes sectores del país. Esta información corresponde a los últimos datos completos para las diferentes zonas estudiadas. En el caso del Río Tempisque, los únicos datos que abarcan todo el gran humedal corresponden a 2012 (Bolaños 2012), por lo que es la información que se utiliza.

Cuadro 1. Cantidad de cocodrilos y cocodrilos adultos para las diferentes zonas de Costa Rica.

Zona de estudio	Km de transectos	Total cocodrilos adultos	Adult/km	Total cocodrilos	Ind/km
Pacífico norte	63	27	0,43	351	5,57
Gran Humedal Tempisque	267	601	1,74	2 315	8,68
Golfo de Nicoya	32	24	0,75	108	3,38
Pacífico central	57	70	1,22	395	6,93
Pacífico sur	284	22	0,08	292	2,09
Zona norte	178	28	0,16	265	1,49
Caribe norte	136	8	0,06	85	0,63
Caribe central	226	46	0,24	504	2,61
Total	1241	825	0,58	4315	3,92

Como muestra la figura 2, el Gran Humedal del Tempisque tiene la mayor cantidad de cocodrilos y de cocodrilos adultos del país. En cuanto al total de cocodrilos le siguen del Pacífico Sur y Pacífico Norte; mientras que en cocodrilos adultos le siguen el Pacífico Central y Caribe Central. Sin embargo, dado que las zonas de estudio tienen extensiones distintas, este no resulta ser un indicador adecuado para su comparación. Para ello, se debe utilizar la densidad relativa de cocodrilos como medida de comparación (figura 3).

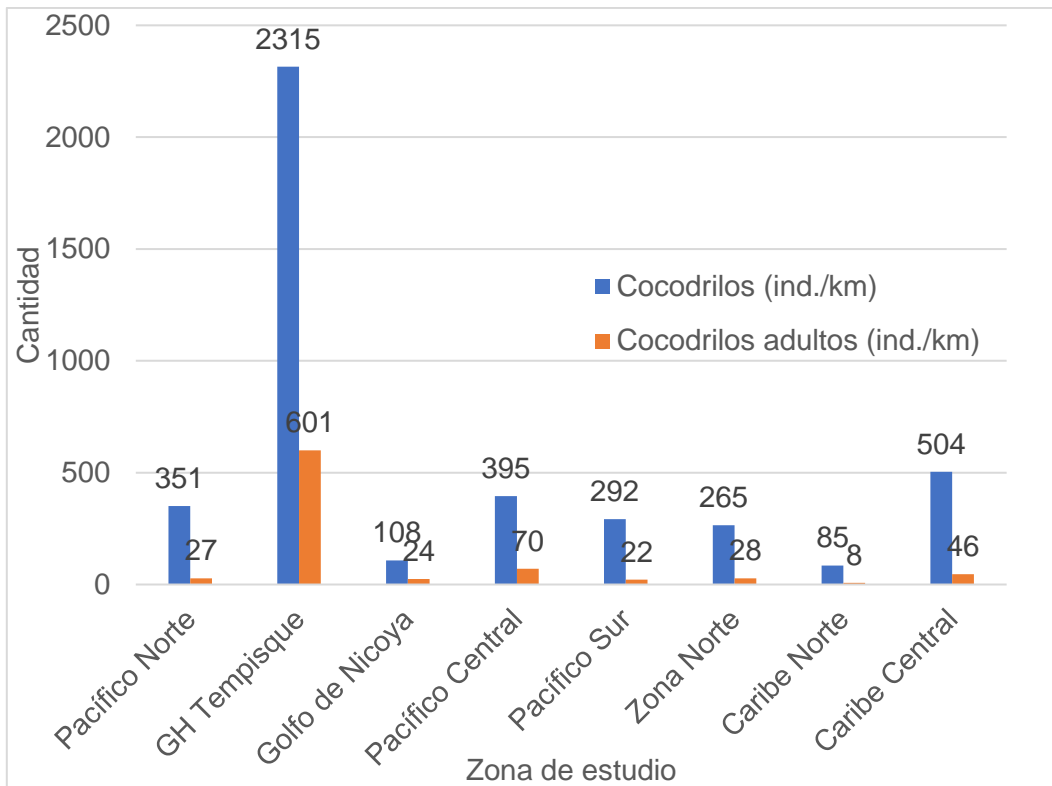


Figura 2. Cantidad de cocodrilos y de cocodrilos adultos por zona de estudio, Costa Rica.

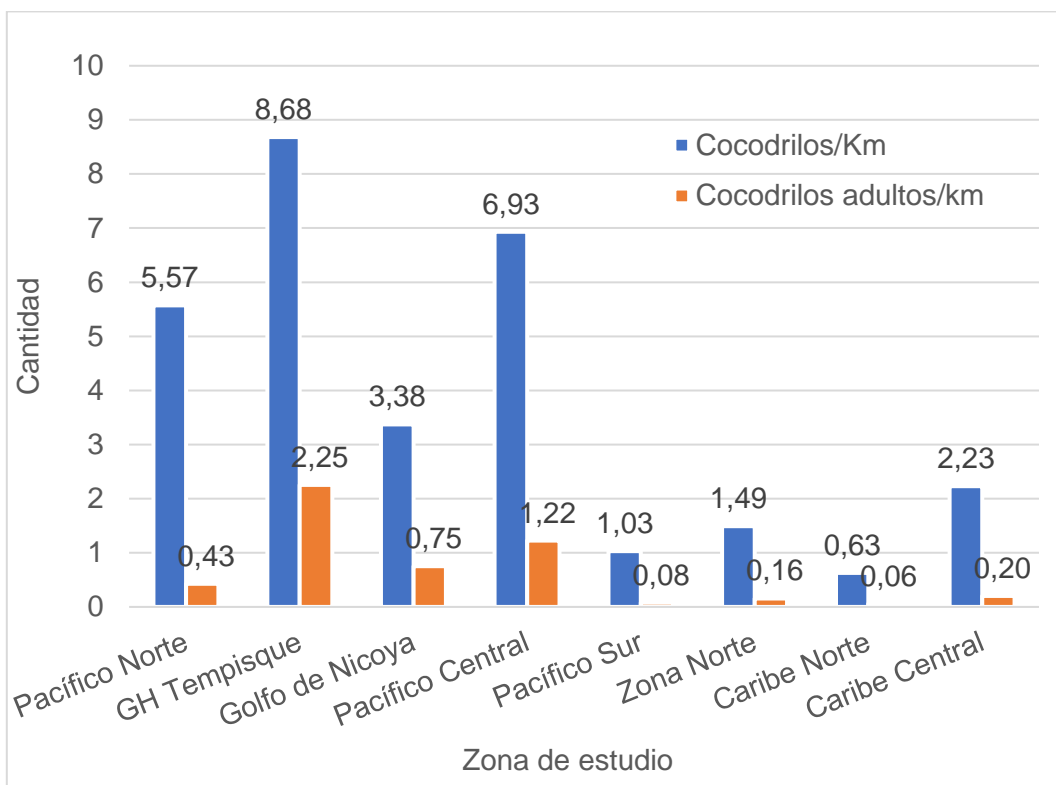


Figura 3. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y de cocodrilos adultos por zona de estudio, Costa Rica.

Para la costa Pacífica, la mayor densidad relativa de cocodrilos y cocodrilos adultos se encuentra en el GHT y Pacífico Central. La región del Pacífico Norte presenta una densidad relativamente alta de individuos, pero menor de individuos adultos. En la vertiente Caribe, el Caribe Central es donde se encuentra la mayor densidad relativa de cocodrilos y de cocodrilos adultos (fig. 3).

En el Pacífico Norte la mayor densidad relativa de cocodrilos fue encontrada en el sistema de los ríos Bongo y Arío y el estero en el que ambos desembocan al mar; mientras que la mayor densidad relativa de cocodrilos adultos se encontró en el Estero Playa Naranjo en el Parque Nacional Santa Rosa (fig. 4).

El Gran Humedal del Tempisque presenta la mayor densidad relativa de cocodrilos y de cocodrilos adultos en la zona de los pantanos, que para ese estudio abarcó el Refugio Mata Redonda, el Río Bolsón y el Río Charco (fig. 5 y 6).

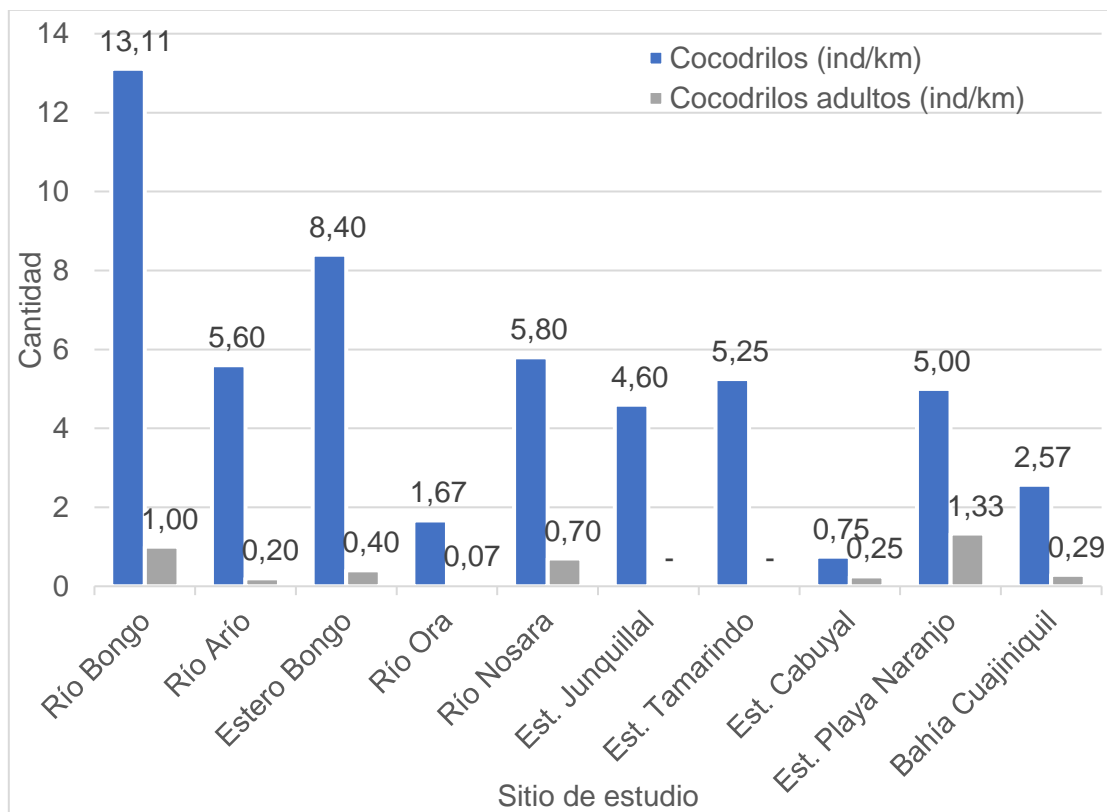


Figura 4. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y de cocodrilos adultos en ríos y esteros del Pacífico Norte, Costa Rica. Fuente: Méndez-Venegas et al., (en prep.). Datos del 2022.

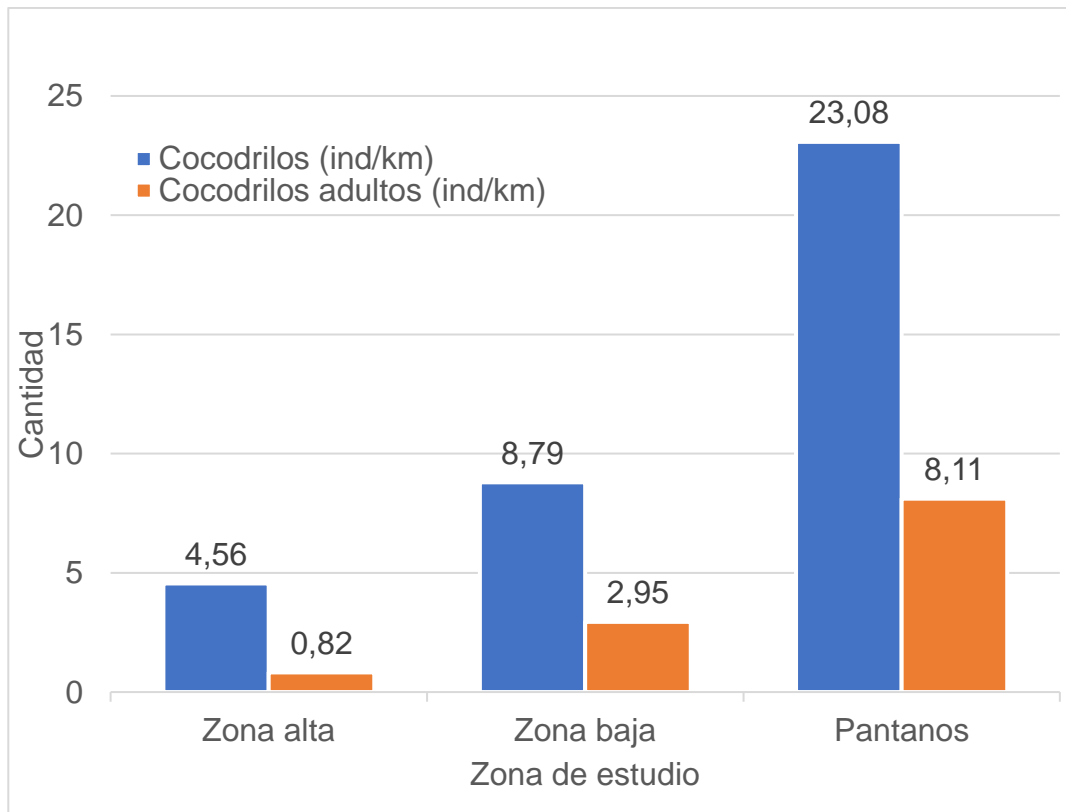


Figura 5. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos por zonas en el Gran Humedal del Tempisque, Costa Rica. Fuente. Bolaños, 2012b.

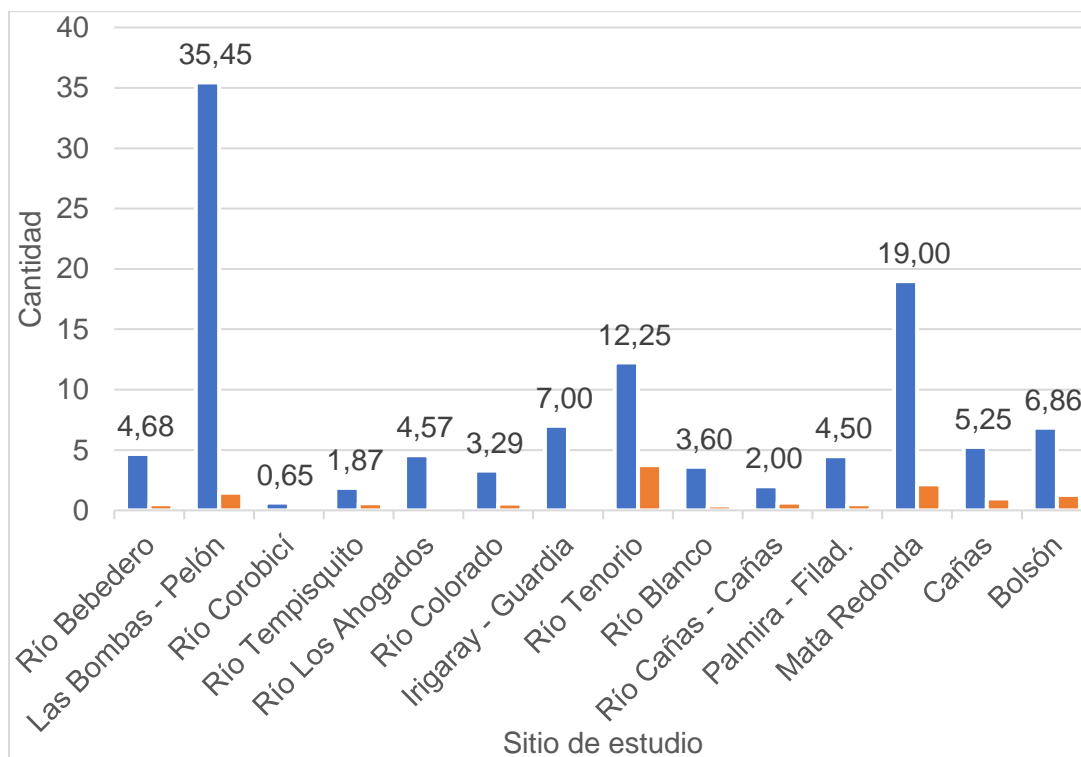


Figura 6. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos (ind./km) por ríos y secciones del Gran Humedal del Tempisque, Costa Rica. Fuente. Bolaños, 2012b.

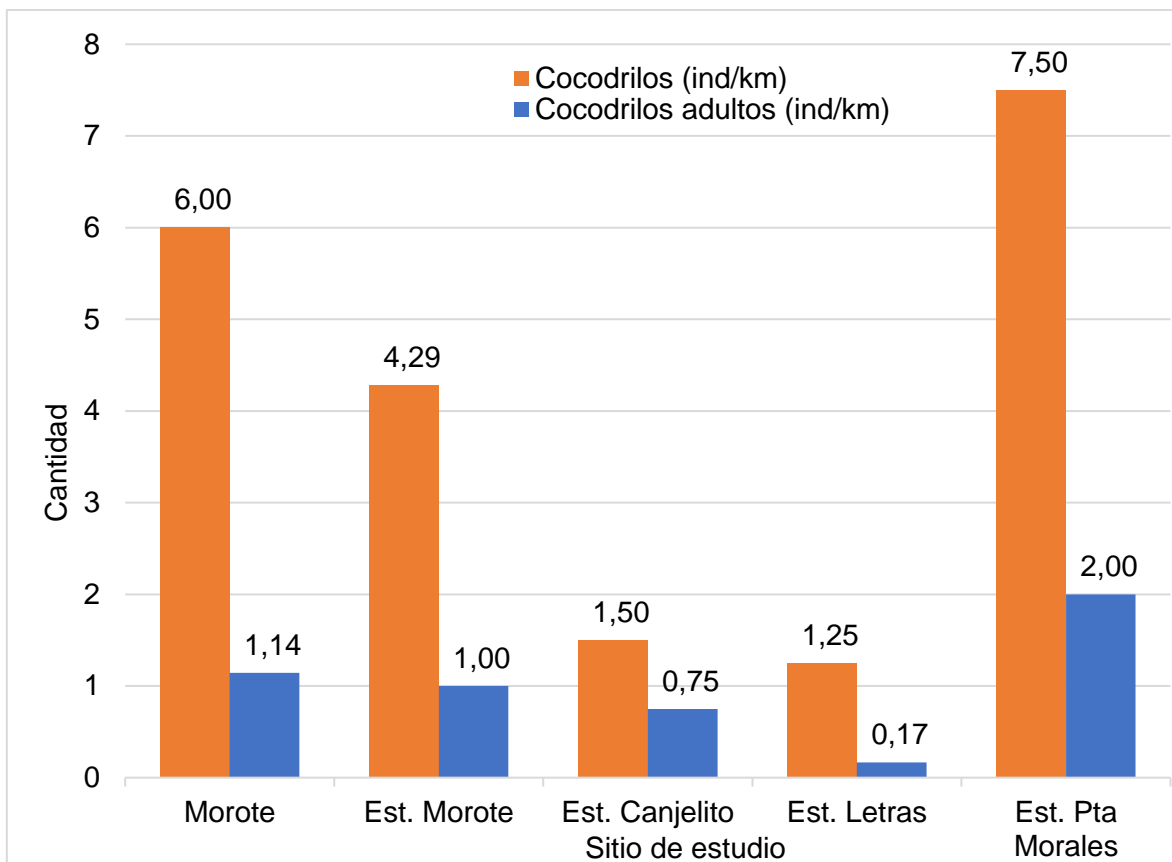


Figura 7. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos por ríos y esteros del Golfo de Nicoya, Costa Rica. Fuente: Bolaños, 1997.

Los datos que conforman el estudio del Golfo de Nicoya incluyen esteros principalmente del lado de la Península de Nicoya, aunque el Estero de Punta Morales es el sitio que aporta la mayor densidad de cocodrilos y cocodrilos adultos, seguido por el Morote y su estero (fig. 7).

En el Pacífico Central son los ríos Tusubres y Tárcoles los que presentan la mayor densidad relativa de cocodrilos y de cocodrilos adultos (fig. 8). Por su parte, el Pacífico Sur presenta la mayor densidad de individuos en los ríos de la Península de Osa y Golfo Dulce y en el Río Térraba (fig.9).

Para la Zona Norte, la mayor densidad relativa de cocodrilos se encuentra en el Río San Carlos y Río Sarapiquí, tanto en densidad total como en densidad de individuos adultos (fig.10); mientras que el Caribe Norte la densidad de cocodrilos y cocodrilos adultos es relativamente baja en comparación con otros sitios (fig. 11). En el Caribe Central son los ríos Jalova y Matina los que poseen la mayor densidad de organismos de esta especie (fig.12).



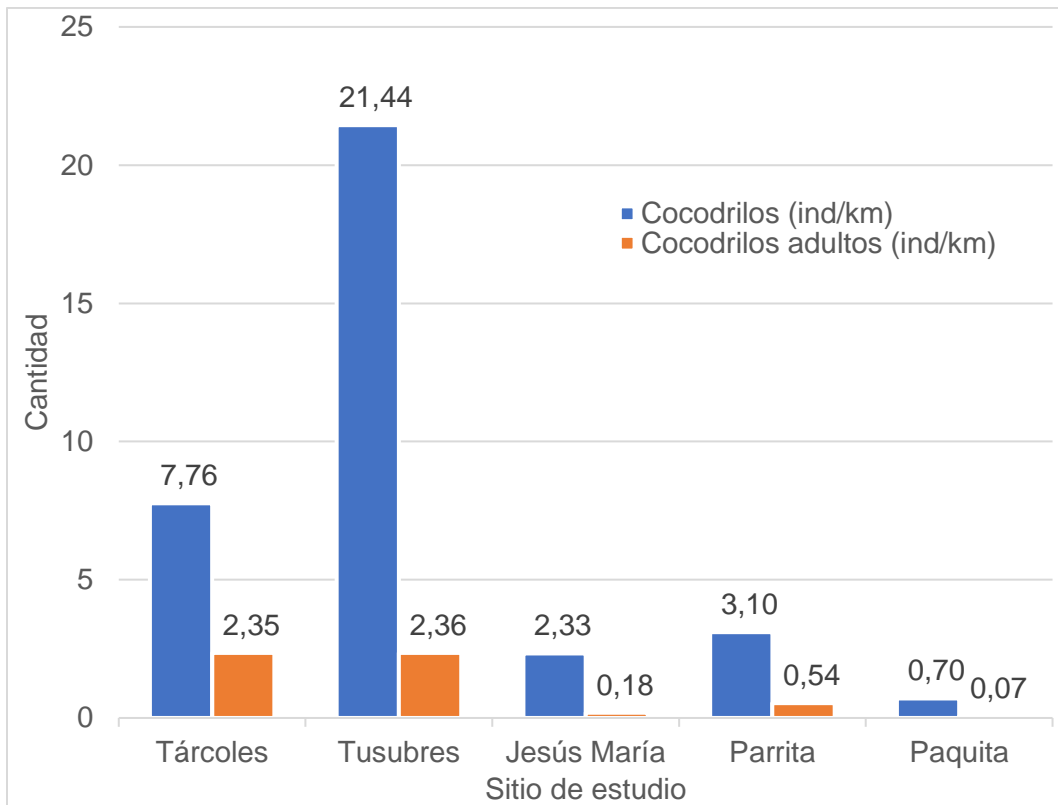


Figura 8. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos en ríos del Pacífico Central, Costa Rica. Fuente: Bolaños, 2008, Piedra, 2000, Escobedo-Galván, 2005.

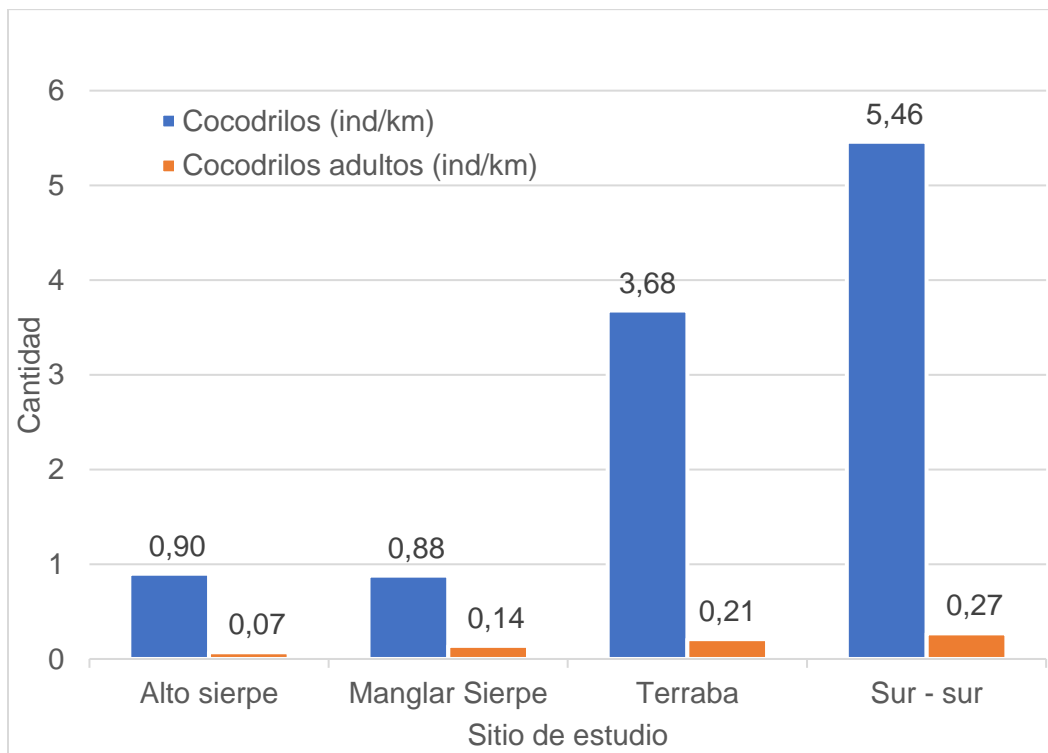


Figura 9. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos en ríos y esteros del Pacífico Sur, Costa Rica. Fuente: Bolaños, 1997, Bolaños et al., 2008, Boston et al., 2006.

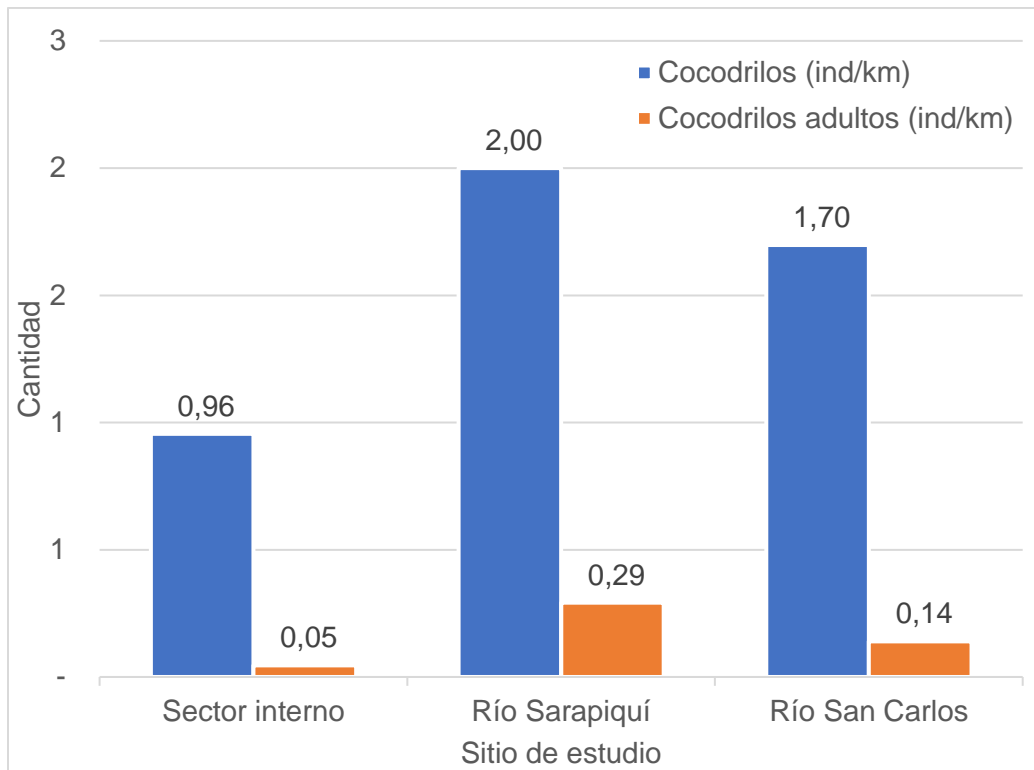


Figura 10. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos en ríos y humedales de la Zona Norte, Costa Rica. Fuente: Bolaños 1997, Bolaños, 2021 y Bolaños et al., (2023).

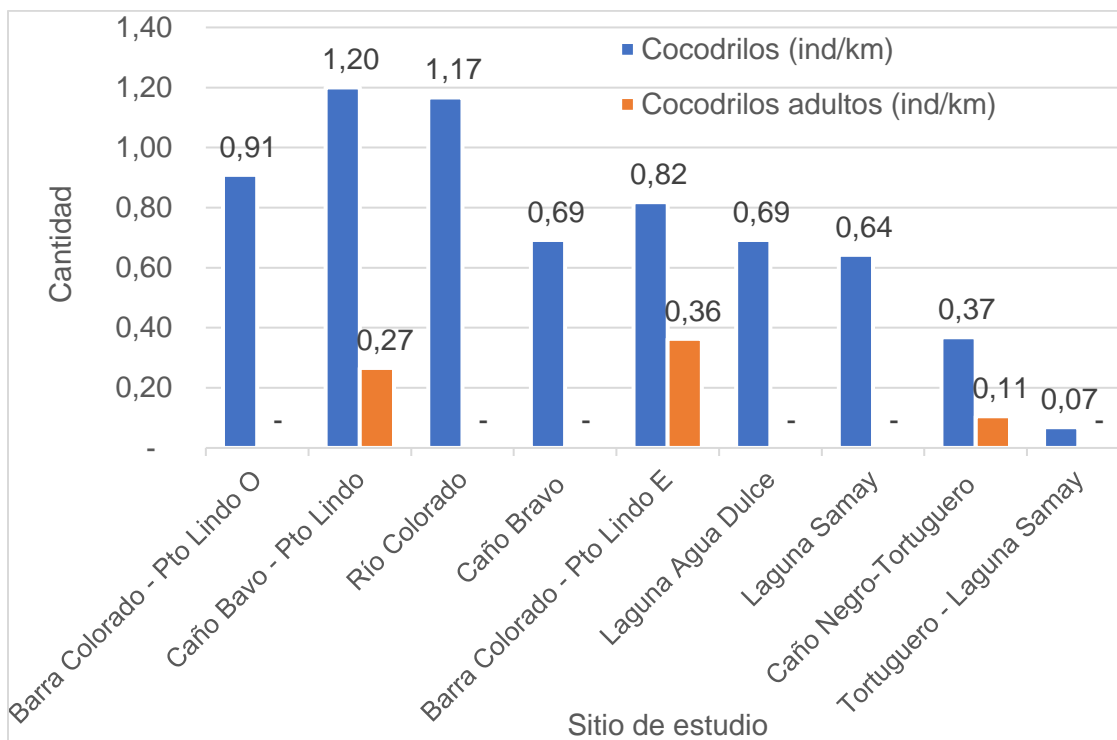


Figura 11. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos en ríos y humedales del Caribe Norte, Costa Rica. Fuente: Sandoval et al., 2021.

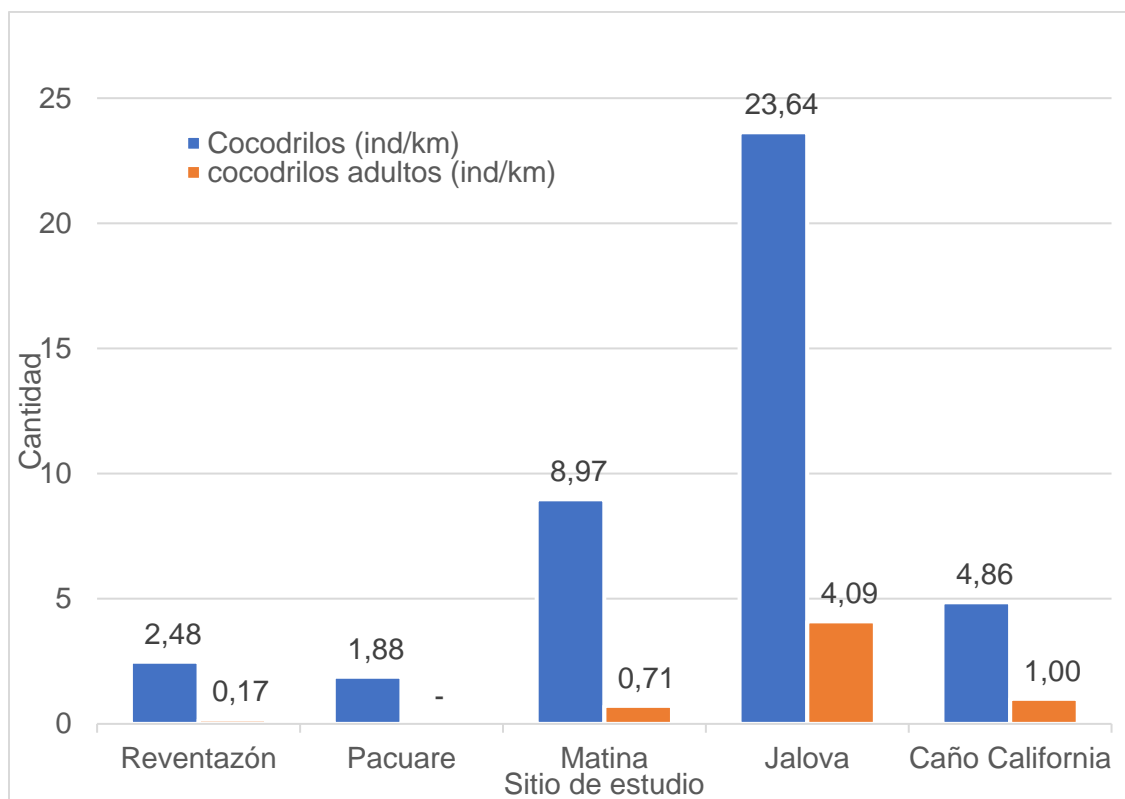


Figura 12. Densidad relativa (ind./km) de cocodrilos y cocodrilos adultos en ríos y humedales del Caribe Central, Costa Rica. Fuente: Bolaños et al., 2019.

Los estudios abarcan la mayor parte del país, excepto el Caribe Sur que es la única zona que no tiene estudios formales, aunque es conocida la presencia de estos animales, así como los ríos en los que es necesario el monitoreo (cuadro 2).

Para tener una idea adecuada de la población de cocodrilos no es necesario monitorear la totalidad de cuerpos de agua que existen, pues estos se agregan especialmente en cauces con mayor caudal, así como esteros y humedales de mayor extensión, cuando estos responden a las características de hábitat que prefieren. En cuerpos de agua del Caribe la predominancia es del caimán o guajipal (*C. crocodilus*), especialmente cuando son canales con poca corriente y en áreas con suficiente cobertura boscosa.

Para disponer de una estimación adecuada del estado de la población se debe convertir la investigación básica sobre la población (cantidad de individuos, talla estimada, sexo) en un monitoreo periódico y sistemáticamente, de manera anual o bianual, según se disponga de recursos para ello. Es igualmente importante evitar los “monitoreos” mensuales o frecuentes, pues el exceso de repeticiones no aporta mejor información y por el contrario, los cocodrilos aprenden a evitar a los investigadores, de manera que resulta cada vez más difícil su visualización, identificación y captura.

A los estudios que ya existen, es importante incluir en futuros monitoreos los siguientes sitios:

- Caribe Sur
- Río Cañas (Santa Cruz).
- Río Las Palmas (Santa Cruz).

- Estero Potrero Grande (Pacífico Norte)
- Río Sucio (Zona Norte).
- Parte alta del Río Reventazón (Caribe Central).
- Parte alta del Río Pacuare (Caribe Central).
- Parte alta del Río Matina (Chirripó Atlántico, Caribe Central).
- Estero de Puntarenas.

Por otra parte, es importante tener presente la urgencia de actualizar los estudios de población de algunos sitios en los cuales, los reportes de interacciones o de avistamientos de las comunidades, especialmente con cocodrilos adultos son frecuentes.

Para cada zona de estudio se han identificado los sitios que podrían eventualmente ser considerados dentro de los monitoreos. En paréntesis se indica el número de segmentos en que se debe dividir el río o sitio de monitoreo, lo cual corresponde a una noche de trabajo por segmento. Es importante considerar que existen sitios de fácil acceso y otros casi inaccesibles, por lo que el desarrollo del monitoreo no puede considerarse como una actividad que se puede programar de manera lineal como muchas otras.

#### Pacífico Central.

1. Jesús María (1).
2. Tárcoles (1).
3. Tusubres (1).
4. Parrita (1).
5. Paquita (1).
6. Estero de Puntarenas (1).
7. Estero Punta Morales, Golfo de Nicoya (1).

#### Pacífico Sur

8. Térraba (3).
9. Sierpe (3).
10. Coto (1).

#### Caribe Central y Sur

11. Sixaola (4).
12. Estrella (2).
13. Banano (3).
14. Matina (1).
15. Pacuare (2)
16. Colorado (2).

#### Zona Norte

17. Sarapiquí – Sucio (3).
18. San Carlos (3)
19. Río Sucio (1).

#### Gran Humedal del Tempisque, sección ACAT

20. Bebedero (1).
21. Corobicí – Tenorio (2).
22. Tempisque (margen oriental) (3).

Pacífico Norte, Golfo de Nicoya y Gran Humedal del Tempisque, sección ACT.

23. Tempisque (margen occidental) (1).
24. Cañas (Santa Cruz) (3).
25. Las Palmas (1).
26. Laguna Mata Redonda (1).
27. Humedal Corral de Piedra (1).
28. Bongo (2).
29. Nosara (1).
30. Tamarindo (1).
31. Estero Letras (Golfo de Nicoya) (1).
32. Río y estero Morote (2).

#### Pacífico Norte, sección ACG

33. Playa Naranjo (1).
34. Estero Potrero Grande (1).
35. Bahía Cuajiniquil (1).
36. Estero Real (1).

Se debe ser claro que esta propuesta de sitios para monitoreo abarcaría la mayor parte de la población de cocodrilos del país, sin embargo, no la totalidad, pues en cada río o humedal cercano a la costa o en cuerpos de agua como lagunas, es de esperar que haya individuos cuyo número no es significativo como para pensar que su ausencia en el estudio afecte significativamente los resultados. Además, siempre habrá la oportunidad de realizar visitas esporádicas y puntuales durante los estudios ordinarios, o bien ser abordados por otras investigaciones complementarias a los monitoreos anuales o bianuales que se realicen.

De manera aproximada se requieren de 57 recorridos nocturnos de campo para completar un monitoreo de la población de cocodrilos para el país. Esto es más complejo de lo que parece, pues en cada zona existen lugares en los que la complejidad logística hace que se requiera un día entero para llegar al sitio y estar preparado para monitorear y un tercero para salir del lugar. Otros sitios son relativamente sencillos y se puede pasar de un punto de monitoreo a otro al día siguiente de completada la gira. También se debe considerar el desgaste que implica este tipo de trabajo, pues con frecuencia el transitar por los ríos y manglares requiere de un esfuerzo físico importante, muy distinto de lo que conlleva una jornada de trabajo normal.

#### Estructura de la población

La estructura de una población se refiere a su conformación en cuanto a los grupos etáreos o de edad para esa especie. En el caso de los cocodrilos, Bolaños (2019) propone dividir los individuos en cuatro grupos según el tamaño de los individuos, siempre partiendo de las observaciones de campo básicas que los coloca en clases sucesivas de medio metro. De esta forma, los reclutas son cocodrilos de hasta 1.5 m, los juveniles de hasta 2.5 m, los subadultos hasta los 3 m y los adultos de más de 3 m. La figura 13 permite comparar fácilmente la estructura poblacional de los cocodrilos en las diferentes zonas de estudios del país. Como se mencionó anteriormente, los adultos son el grupo de mayor interés en términos de interacciones negativas con los humanos, por lo que se muestra el dato para ese grupo. La mayor proporción de adultos se encuentran en el Gran Humedal del Tempisque, el Golfo de Nicoya y en el Pacífico Central, respectivamente (cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura de la población de cocodrilos del país.

	Reclutas	Juveniles	Sub-adultos	Adultos
Pacífico Norte	43,87%	39,89%	8,55%	7,69%
GH Tempisque	29,92%	29,26%	14,89%	25,94%
Golfo de Nicoya	6,48%	49,07%	22,22%	22,22%
Pacífico Central	28,43%	40,61%	13,31%	17,65%
Pacífico Sur	17,81%	61,99%	12,67%	7,53%
Zona Norte	48,68%	34,34%	6,42%	10,57%
Caribe Norte	54,12%	34,12%	2,35%	9,41%
Caribe Central	51,98%	31,75%	7,14%	9,13%
Promedio por rango de edad	35,16%	40,13%	10,94%	13,77%

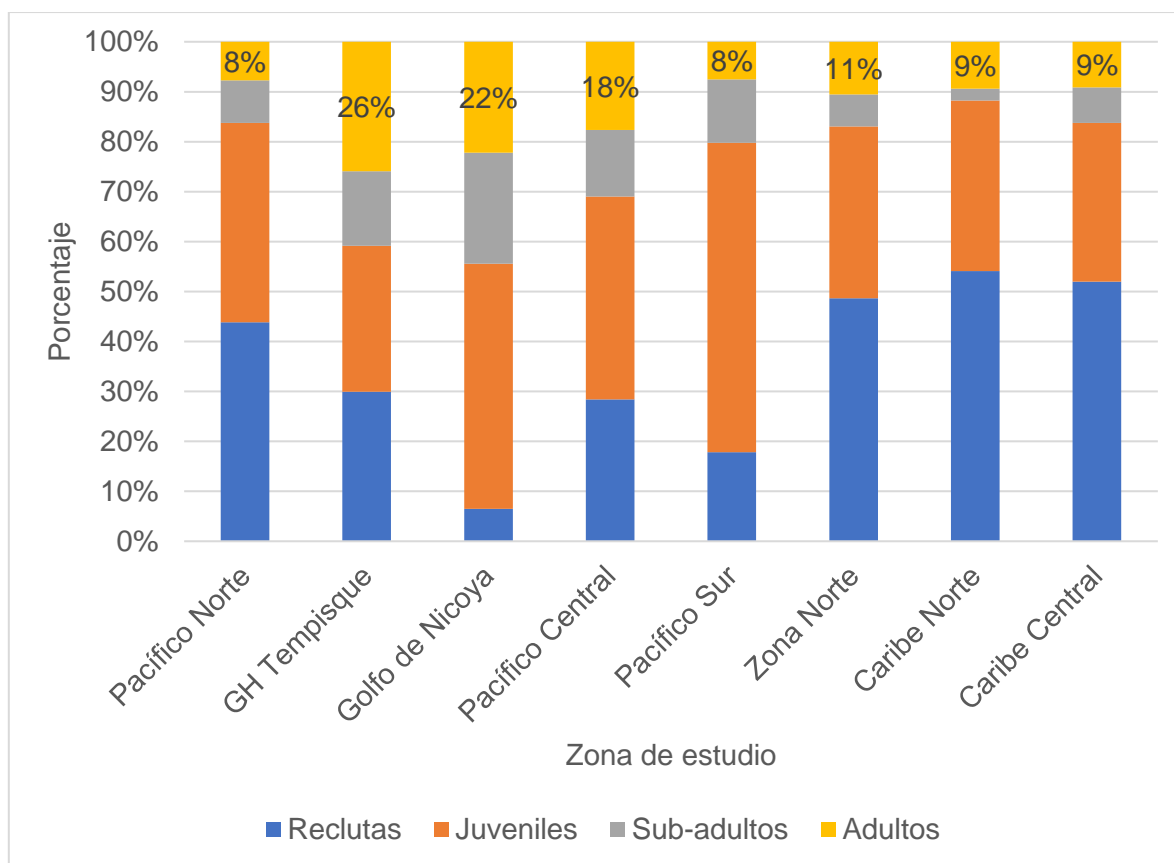


Figura 13. Estructura de la población de cocodrilos para las diferentes zonas de estudio de Costa Rica.

La estructura de población que presenta la figura 13 corresponde a la forma esperada para muchas especies, incluyendo los cocodrilos, con la mayor cantidad de individuos en las edades iniciales y una menor porción de adultos. En este caso, las clases iniciales, tallas menores a 2 m (reclutas y juveniles), ocupan en promedio el 75% de los individuos, mientras

que los adultos corresponden a la porción más pequeña de la estructura, como es esperado. Como se mencionó, los adultos son controladores de su propia estructura poblacional y se encargan de limitar la cantidad de cocodrilos que alcanzan la talla adulta. Este es uno de los papeles importantes que cumplen los cocodrilos de mayor tamaño, pues limitan la cantidad de cocodrilos que alcanzan la adultes, los cuales a su vez son los que implican mayor riesgo de interacciones negativas con el ser humano.

### Proporción de sexos

La proporción de sexos está dada por la relación entre la cantidad de machos y hembras que conforman una población. Esta información es relevante debido a que el comportamiento reproductivo de una especie puede verse determinado o influido por la proporción de sexos. Es importante hacer la salvedad de que por lo general los animales más fáciles de capturar son los reclutas y juveniles, por lo que aportan más datos a esta variable. Un detalle importante del comportamiento reproductivo de los cocodrilos es que el macho dominante de un territorio expulsa a los demás machos y queda solamente con su harem, conformado por las hembras que ahí habitan. De esta manera, no es necesaria una relación de sexos 1:1 para el éxito reproductivo de la especie; sin embargo, un mayor desequilibrio implica mayor número de machos expulsados y desplazados a zonas poco comunes de ser observados, incrementando el riesgo de interacciones negativas con el ser humano.

Cuadro 3. Proporción de sexos de cocodrilos según diversos estudios en Costa Rica.

<b>Pacífico</b>	Proporción		Fuente
	Machos	Hembras	
Sitio de estudio			
Tempisque	2,20	1,00	Barrantes 2008
Las Baulas	1,00	2,25	Mauger et al., 2012
Palo Verde	1,00	1,50	Mauger et al., 2012
Playa Naranjo	1,00	2,00	Mauger et al., 2012
ACOSA	1,00	2,75	Mauger et al., 2012
Tárcoles	1,00	1,00	Porras, 2004
Tusubres	1,00	1,00	Porras, 2004
Jesús María	1,00	1,00	Porras, 2004
Gran Humedal del Tempisque	3,30	1,00	Bolaños, 2012
Tempisque	4,00	1,00	Peraza, 2015
Pacífico Norte	1,00	1,00	Méndez-Venegas et al., (en prep)
Sierpe	1,00	1,30	Brenes, 2022 (sin publicar)
Proporción de sexos	<b>1,10</b>	1	
<b>Caribe</b>			
Zona Norte	2	1	Bolaños et al., (en prensa)
Caribe norte	1	1	Sandoval et al., 2021
Caribe Central	1,25	1	Bolaños et al., 2019
Proporción de sexos	<b>1,42</b>	1	

En el caso de las proporciones de sexo reportadas por diversas investigaciones, la proporción de sexos en ambas costas es cercana a 1.1:1 (cuadro 3), lo cual está por debajo de la reportada para otras partes de mundo (Thorbjörnsson. 1997). Esto sugiere que la

proporción de sexos es un factor favorable de la población de cocodrilos en Costa Rica, en términos de las potenciales interacciones humano – cocodrilo, al existir una cantidad relativamente baja de machos.

### Tendencia poblacional

Una de las razones por las cuales el seguimiento a las poblaciones requiere de metodologías estandarizadas y monitoreo periódico es la necesidad de brindar seguimiento al comportamiento de una población en el largo plazo. En el caso de cocodrilos, solamente los ríos Tempisque, Bebedero y Tárcoles disponen de estudios en diferentes años y por el periodo suficiente para disponer de una línea de tendencia poblacional inicial. Sin embargo, al ser pocas repeticiones las que se han realizado y que son comprobables, este análisis debe ser complementado con nuevos datos, para tener una mejor idea del comportamiento real de la población. En caso del Pacífico Norte se dispone de dos años consecutivos de datos, sin embargo, no son suficientes para una proyección por lo que no se incluye en este análisis.

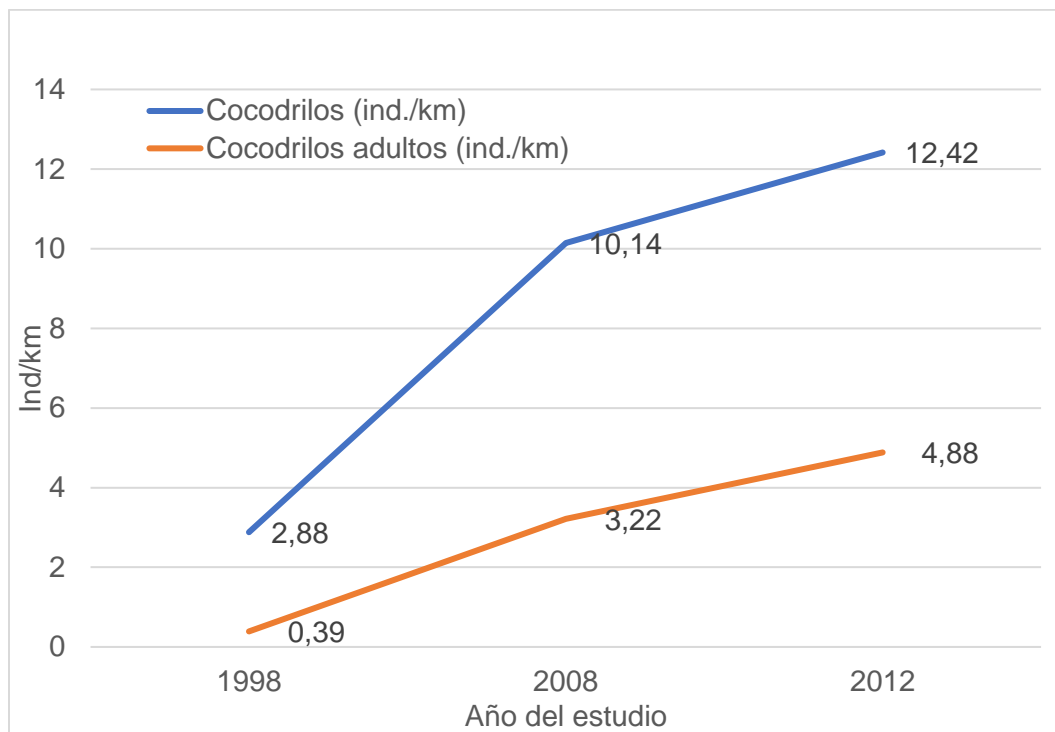


Figura 14. Tendencia poblacional de cocodrilos en el Río Tempisque, Costa Rica. Fuente: Sanchez, 1998; Barrantes, 2008 y Bolaños, 2012b.



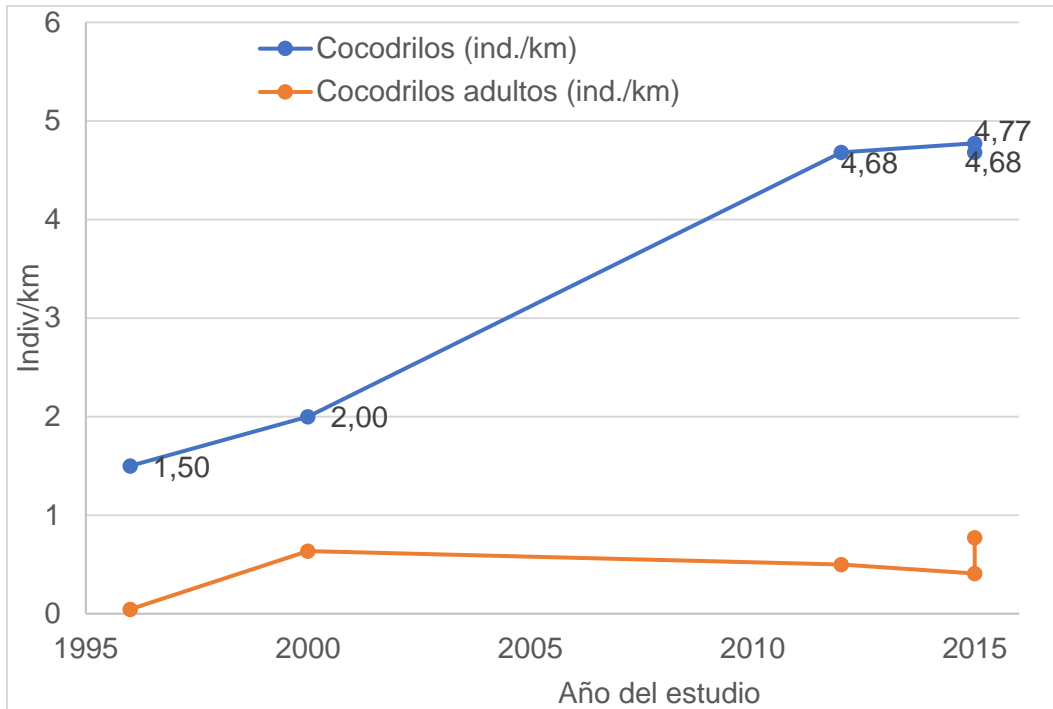


Figura 15. Tendencia poblacional de cocodrilos en el Río Bebedero, Costa Rica. Fuente: Sanchez et al., 1996; Sánchez, 2000; Bolaños, 2012b, Orozco, 2015 y Peraza, 2015.

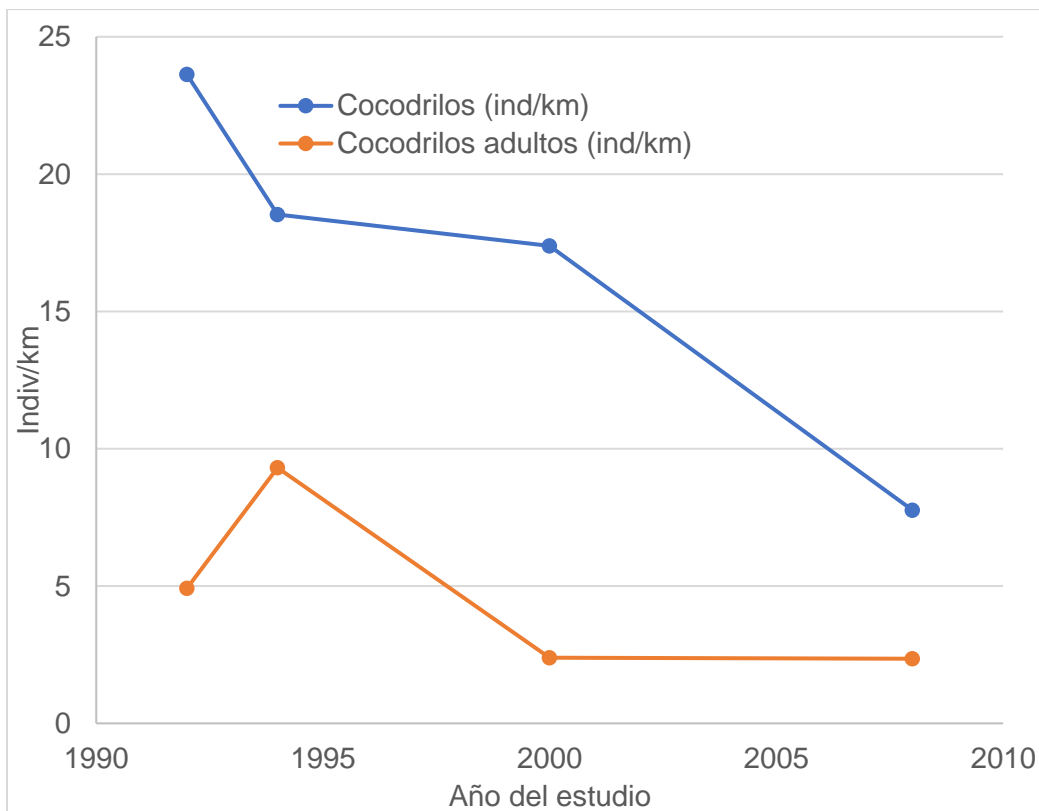


Figura 16. Tendencia poblacional de cocodrilos en el Río Tárcoles, Pacífico Central, Costa Rica. Fuente: Sasa y Chaves, 1992; Motte, 1994; Piedra, 2000 y Bolaños, 2008.

En el caso del Río Tempisque, se dispone de datos que abarcan 14 años y que muestran una tendencia creciente de la población total y de la población de adultos. Para el Río Bebedero, el crecimiento de la población es positivo y muestra la forma de S que sugiere que se aproxima a una fase de estabilización, aunque se necesitan más datos para tener certeza de ello. La densidad de adultos muestra una estabilización, lo cual podría estar relacionado con el manejo que se dio a estos individuos durante la década del 2010 (Bolaños, 2012a).

La situación en el Río Tárcoles es distinta, pues los datos muestran una disminución de la población, con una estabilización de la densidad de adultos. No obstante, los datos deben ser actualizados, más aún por los reportes que se han tenido de que en los últimos años se han encontrado individuos adultos mutilados por cacería.

### Relación de presencia vs asentamientos humanos\*

Los estudios realizados muestran que las modificaciones en el hábitat del cocodrilo en Costa Rica, parece que han brindado nuevas condiciones para el establecimiento de cocodrilos en estas áreas, incrementando el conflicto y los encuentros entre humanos y cocodrilos. La presencia de cocodrilos está siendo común en zonas urbanizadas e inclusive en donde ha habido reducciones en la cobertura boscosa, al ser este reptil una especie oportunista se puede estar beneficiando del crecimiento demográfico humano, del avance de la frontera agrícola y la presión urbana, por lo que podría estar encontrando, para su alimentación, presas de fácil captura tales como animales domésticos en zonas con alta presencia de poblados. Sin lugar a duda, estas situaciones pueden estar generando importantes conflictos entre humanos y cocodrilos, lo cual puede estar asociado a nuevas condiciones que se dan en áreas con actividades humanas asociadas.

De esta manera en Costa Rica, desde principios de los noventa se identificó una mayor presencia de cocodrilos en sus áreas de distribución, así como un incremento de incidentes con seres humanos en el Pacífico Noroeste y Central (Bolaños, 2012a; Sandoval et al., 2019; Porras et al., 2020). Gran parte de estos incidentes entre las especies está en relación directa con que los humanos invaden el hábitat del cocodrilo en el área de estudio (Bolaños, 2012b; Porras et al., 2020). Actualmente estas interacciones persisten debido al extenso desarrollo de actividades antrópicas asociadas a caminos, crecimiento poblacional humano, actividades agrícolas en áreas o márgenes de ríos, esteros y cuerpos de agua. Estas actividades han generado la alteración del medio natural afectando el hábitat de la especie y potenciando la interacción con los humanos (Sandoval et al., 2019; 2020). En este sentido Sandoval et al., (2022) realiza un análisis del paisaje que incluyó en el Pacífico Norte al Gran Humedal del Tempisque (GHT) y la región del Pacífico Central (PC) y encuentra que el GHT presentó mayor densidad ríos, caminos, humedales y zonas de inundación, mientras que el PC presentó mayor número de poblados. La cobertura forestal en las zonas de estudio se ha recuperado en ambas regiones, aunque la tasa de recuperación fue diferente, estos resultados son consistentes con Ramírez, (2008) quien

\*Tomado y modificado de: Sandoval, I. 2022. Análisis del paisaje del hábitat del cocodrilo *Crocodylus acutus* en Costa Rica, tendencias poblacionales y conflicto con humanos. Tesis doctoral. Departamento de Microbiología y Ecología, Universidad de Valencia, España. 219p. <https://roderic.uv.es/handle/10550/82383>).

reportó fuertes variaciones en la composición y estructura del paisaje en el área de estudio; debido a la reducción de casi un 50% en el tamaño de las áreas destinadas a potreros (producción de ganado entre 1990 y 2006). Con la contracción sustancial de la actividad ganadera, el cambio en la cobertura forestal de 1997 a 2013 mostró que los bosques se regeneraron en las áreas antes dedicadas a pastos, comenzando con la recuperación de pequeños fragmentos. Estos resultados de fragmentación forestal obtenidos son similares a los reportados por Laurance et al., (2006) y Gardner et al., (2018).

El autor cita que los cambios en la estructura del paisaje podrían deberse a mejoras en las vías de comunicación y a que las provincias de Guanacaste y Puntarenas (ubicadas del GHT y PC) se convierten en destinos turísticos. Además, en el GHT el desarrollo de la acuicultura atrajo mayor inversión, mayor visitación y desarrollo de infraestructura (Ramírez, 2008). Como resultado de tales cambios en el uso de la tierra, la fragmentación del paisaje se volvió inevitable, y los aumentos en los índices de fragmentación apoyan esa conclusión, Sandoval et al., (2019; 2020) encontraron una situación similar en el Pacífico Central.

Adicionalmente, el aumento en las poblaciones de cocodrilos podría haber ocurrido debido a que este reptil es una especie generalista, sus individuos tienden a ser abundantes en áreas alteradas por humanos y en zonas de bosque en regeneración, como los que se encuentran en el GHT y algunas partes del el Pacífico Central (Ryall y Farig, 2006; Schwenk et al., 2012; Karchesy et al., 2016). Las fuentes alimenticias, así como las áreas de apareamiento y reproducción, entre otros factores, han aumentado en otras zonas de distribución de cocodrilos en las cuales hay actividades humanas (Pooley et al., 1989; Venegas-Anaya et al., 2015; Pooley, 2016; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020).

Los datos obtenidos por Sandoval et al., 2022, pueden respaldar la idea de que los cambios en el uso de la tierra en el GHT y el el Pacífico Central se pueden correlacionar con el aumento de las poblaciones de cocodrilos, estas situaciones pueden influir en los conflictos y las interacciones entre humanos y cocodrilos, y es probable que aumenten a medida que aumentan las poblaciones de cocodrilos bajo las actuales condiciones (Bolaños, 2012a; 2012b; Valdelomar et al., 2012; Morales, 2013; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020; Porras et al., 2020). Al parecer, las poblaciones de cocodrilos en Costa Rica podrían beneficiarse de la fragmentación del hábitat y las actividades humanas, los cambios en el paisaje pueden aumentar los recursos disponibles y esto promover el crecimiento de las poblaciones.

Para la zona del Pacífico Central de Costa Rica se crearon los primeros análisis del hábitat potencial del cocodrilo, además se desarrolló un trabajo para de disminuir conflictos con humanos a partir de una zonificación del área. Se encuentra que la distribución del cocodrilo en la zona puede obedecer a la densidad de drenaje, para esta variable se abarca una superficie de 39.5% del área de estudio, y en ella destacan los ríos como el Tárcoles, Tivives, Lagarto, Barranca, Jesús María, Turrubares y Naranjo, los cuales están cerca de poblados como Santa Rosa, Pan de Azúcar, Bajos del Coyote, Tusubres y Finca la Flor entre otros. Las zonas de alta y media densidad de ríos por km<sup>2</sup>, se caracterizan por estar en regiones cercanas a las costas, en estas zonas hay presencia de ríos más sinuosos, sectores pantanosos, manglares y esteros; todos estos al norte de Puntarenas y en las comunidades de Quepos, Parrita y el distrito de Caldera) (Álvarez et al., 2014). A partir de esta delimitación se pudo corroborar que estos elementos constituyen condiciones óptimas para el hábitat del cocodrilo (Bolaños, 2012b).

Para la determinación del hábitat potencial del cocodrilo es importante considerar la cobertura de uso de la tierra principalmente las coberturas de manglar, ríos (idealmente ríos anchos) y la presencia de cuerpos de agua; estos usos de la tierra representan un 5.10% de la superficie total de la Región Pacífico Central analizada y están conformados de la siguiente manera: manglares en un 3.91%, cuerpos de agua 0.87% y playones de río en un 0.32%. Bajo esta condición destacan sectores de los ríos Lagarto, Sardinal, Tusubres, Pirris; y Esteros como: Cantón, Tendal, Morales, , Guacalillo, Zapote, Barbudal, Tárcoles, Jesús María y Palo Seco; espacios que reúnen las condiciones óptimas para la presencia del cocodrilo, de acuerdo a lo expresado por Bolaños, (1993; 2012b).

A nivel general las condiciones de hábitat potencial alto para cocodrilo representan el 21.5% de la superficie del Pacífico Central y se asocian con la presencia cuerpos de agua, una alta densidad de la red de drenaje y la presencia de manglares, esteros, en altitudes menores a los 240 msnm. Las áreas identificadas como óptimas para la especie presentan áreas propensas a inundación en los ríos Pirris, Jesús María, Aranjuez, Guácimal, Tárcoles, Tusubres, Palo seco y en quebradas como Trinidad, Negros, Mona entre otros. Realizado este ejercicio se desarrolló por Sandoval et al., 2018, una zonificación del hábitat del cocodrilo debido al aumento de interacciones entre humanos y cocodrilos en los últimos años en Costa Rica (Sandoval et al., 2017; Porras et al., 2020). Estos incidentes están normalmente asociados al desarrollo de actividades humanas en áreas consideradas como óptimas para la presencia de cocodrilos (Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020; Porras et al., 2020).

Las áreas de alta interacción entre el ser humano y el cocodrilo en el Pacífico Central corresponden a un 20.44% de su superficie, de la cual un 6.5%, se localiza dentro del hábitat potencial alto. En estas zonas se desarrollan actividades antrópicas con una alta concentración de carreteras por km<sup>2</sup>, población, densidad de poblados y amplio desarrollo de actividades agrícolas y turísticas. De acuerdo con Bolaños, (2002), la alteración del hábitat del cocodrilo se ve afectada por el incremento y desarrollo de vías de comunicación, las cuales influyeron en el acrecentamiento del tránsito de personas en diferentes lugares y en un lógico aumento de la población humana, derivando en el surgimiento y expansión de asentamientos antrópicos, en detrimento de las áreas silvestres, incidiendo en la fragmentación de los ecosistemas. Estas zonas coinciden con los sitios donde se han registrado más accidentes por cocodrilos, por ejemplo, en las cercanías del río Parrita, áreas cercanas al mar, sobresaliendo playa Esterillos.

Las zonas de moderada interacción abarcan un 18.78% del Pacífico Central, y están ubicadas en los distritos de Savegre, Quepos, Parrita, Tárcoles, Pitahaya, Chomes y Manzanillo. Con respecto a las zonas de baja interacción, éstas corresponden a sectores donde aún se conservan las condiciones naturales como manglares y donde la presencia de las actividades antrópicas es escasa o nula correspondiendo a un 60.81% en la totalidad del área de estudio.

Finalmente, las investigaciones realizadas permiten desarrollar a nivel de todo Costa Rica la identificación del hábitat potencial del cocodrilo, además permite hacer la caracterización de las áreas de interacción con humanos.

De la misma manera, como se ha discutido anteriormente, en la región del Pacífico de Costa Rica, las interacciones entre humanos y cocodrilos ocurren en áreas donde existe una amplia variedad de actividades antropogénicas (Porras, 2007; Morales, 2013; Orozco,

2015; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020; Porras et al., 2020). Se ha presentado evidencia de que esta especie es abundante en zonas con alto índice de desarrollo territorial, presentando un patrón de convivencia con las poblaciones humanas. (King et al., 1990; Sánchez et al., 1996; Bolaños et al., 1997; Sánchez, 2001; Escobedo-Galván, 2008; Barrantes, 2010; Bolaños, 2011; Valdelomar et al., 2012; Morales, 2013; Orozco, 2015).

Así mismo, se ha comprobado cómo la invasión progresiva de los humanos al hábitat del cocodrilo podría estar generando un aumento de los conflictos entre ambas especies (Bolaños, 2012a; Bolaños, 2012b; Valdelomar et al., 2012; Morales, 2013; Peraza, 2015; Sandoval et al., 2017; Sandoval et al., 2019; 2020). En Costa Rica, los hábitats con alto potencial para cocodrilos en la vertiente del Pacífico corresponden al 18% del área de estudio, el hábitat de potencial medio corresponde a un 54% del área. Dentro del Pacífico Central hay pocas áreas de elevada altitud o con un elevado índice de urbanismo, estos son hábitats de bajo potencial y representan el 27% del área de estudio. En el Pacífico Central, los hábitats de potencial alto y medio, juntos, representan el 72% del área estudiada.

Las áreas identificadas como hábitat potencial alto y medio para los cocodrilos en el Pacífico coinciden en el norte con los Humedales del Gran Tempisque; área que ha sido reconocida por albergar una de las poblaciones de cocodrilos más importantes de Costa Rica (Sánchez, 2001; Bolaños, 2012a; Bolaños, 2012b; Valdelomar et al., 2012; Orozco, 2015; Murray et al., 2015; Peraza, 2015; Sandoval et al., 2017). Esta área también comprende una alta densidad de humedales y áreas favorables para los cocodrilos y sus presas (Menacho, 2001, Ramírez, 2008). En el Pacífico Central y Sur, tanto los hábitats de alto y medio potencial coinciden con áreas de manglar (Puntarenas y Sierpe Térraba), y desembocaduras de ríos (ej. Jesús María y Tárcoles), áreas consideradas importantes para la especie, sin embargo, atraen importantes cantidades de humanos interesados en actividades como el turismo y otras, identificadas por Sánchez et al., (1996); Bolaños et al., (1997); Escobedo-Galván, (2003); Sánchez, (2001); Porras, (2007); Barrantes, (2008); Bolaños, (2011); Valdelomar et al., (2012); Orozco, (2015); Morales, (2013); Sandoval et al., (2017); Sandoval et al., (2019; 2020); Porras et al., (2020).

En la vertiente del Caribe, el hábitat potencial alto se identificó en áreas más cercanas a la costa principalmente en el Caribe Norte y Central en aproximadamente el 29% del área de estudio, mientras que el 66% del área se etiquetó como hábitat de potencial medio. En la zona norte, la mayor parte del hábitat se identificó como de potencial medio, habiendo solo pequeños fragmentos reconocidos como hábitat potencial alto. En la Zona Norte y la Zona del Caribe, las áreas de mayor altitud con algún desarrollo territorial fueron identificadas como hábitat de bajo potencial (4%). Es importante destacar que el 96% del área de la vertiente del Caribe y la Zona Norte se identificaron como hábitat potencial alto y/o medio.

En la vertiente caribeña, las zonas identificadas como hábitat potencial alto y medio coinciden con las regiones costeras y las áreas más cercanas a los núcleos de grandes poblaciones, situación que coincide con lo mencionado por Bolaños et al., (2019). En la vertiente del Caribe, el nivel de desarrollo de infraestructura es más bajo que en la vertiente del Pacífico y se reportan menos incidentes entre humanos y cocodrilos. Esta diferencia también puede explicarse porque las condiciones geográficas en las dos vertientes son diferentes en cuanto a pendientes, alturas de la tierra y clima.

Allsteadt y Vaughan, (1992), también han mencionado la identificación de áreas en la Zona Norte que tienen poblaciones de cocodrilos. En la vertiente caribeña, los cocodrilos tienden a evitar la interacción con los humanos y sus comportamientos son evasivos (Bolaños et al., 2019) por lo que se generan menos conflictos. Los mismos autores también identificaron un número importante de cocodrilos en la zona representada por los ríos Matina, Pacuare, Reventazón y Parismina, además de la región costera del Caribe Central y hasta en Tortuguero. Bolaños et al., (2019) también informaron que el hábitat en el Caribe trae condiciones importantes para el establecimiento de cocodrilos en la zona, y, también, que sus densidades tienden a aumentar en las zonas más cercanas a las poblaciones humanas, identificando así las zonas de interacción. La información generada, cobra importancia para informar y mejora la gestión de conflictos, especialmente en zonas como Matina y Siquirres. En este sentido, Balaguera-Reina y González-Maya, (2010) identifican que, en Colombia, el nivel de interacción puede definir el grado de conflicto entre humanos y cocodrilos. Cuando las densidades humanas son bajas y las condiciones económicas de los aldeanos son pobres, puede haber una explotación de la población de cocodrilos.

Esta recopilación presenta una identificación del hábitat potencial del cocodrilo y las áreas de interacción con los humanos, brindando perspectivas importantes para el Ministerio de Ambiente de Costa Rica, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, el Ministerio de Educación Pública y el Ministerio de Turismo de Costa Rica en busca de toma de decisiones para la disminución de los conflictos entre humanos y cocodrilos. La evidencia encontrada de la relación entre cocodrilos y áreas antrópicas es clara y nos brinda la oportunidad por primera vez en Costa Rica de poder generar políticas de manejo, y estrategias de educación en áreas específicas, para garantizar la seguridad humana y la conservación de este reptil. El uso por parte de las poblaciones humanas de las áreas silvestres está aumentando, por lo tanto, es probable que aumenten los encuentros entre humanos y cocodrilos. Las características generalistas y oportunistas de *C. acutus* convierten a esta especie en una “amenaza” para las áreas antrópicas y turísticas identificadas en este trabajo y se convierte en un desafío en términos de conservación y desarrollo para Costa Rica.

El conocimiento aportado por medio de esta recopilación, permite tomar de manera asertiva algunas decisiones que se han postergado históricamente en Costa Rica, debido en parte a que no se disponía aún del conocimiento relacionado con el estado de las poblaciones de cocodrilos en el país y su dinámica poblacional; desconocimiento debido en parte, a que no se había integrado esta información con la información de la evolución de las poblaciones humanas en el hábitat compartido y las condiciones ambientales que este estudio aporta.

#### Ataques fatales y no fatales a humanos

Los ataques de cocodrilos hacia humanos siempre han generado un fuerte impacto en nuestra sociedad, quizá en parte por la severidad de las consecuencias y de los contundentes que resultan ser. Siempre es un hecho terrible que se debe prevenir y evitar hasta donde sea posible. Por otra parte, están las interacciones negativas de los seres humanos hacia los cocodrilos, como la cacería o la alimentación, de los que se tiene registro parcial en bases de datos como SITADA o SEMEC. Aunque es un tema que ajeno a este documento, sigue siendo relevante, ya que, en ocasiones, esto desencadena un ataque hacia el ser humano, como una forma de respuesta.

La frecuencia y ubicación de los ataques por cocodrilos fue analizado por Porras y Cambroner (2020), en una publicación que abarca hasta el 2017, por lo que para este análisis, se utilizaron datos actualizados a la fecha (Sánchez, sin publicar) y que son coincidentes con Porras y Cambroner (2020). Según Sánchez (sin publicar) desde 1988 han ocurrido 80 ataques de los cuales 57 fueron no fatales (71%) y 23 fatales (29%), para un promedio de 1.58 ataques no fatales/año y de 0.64 de ataques fatales/año, lo que significa un total de 2.2 ataques/año durante los últimos 36 años (fig. 17). Datos sobre ataques de cocodrilos a humanos en otros países se muestran en el cuadro 4.

Como se puede observar, los casos de ataques fatales se incrementaron después del 2006 y fueron los años 2007, 2008, 2010, 2014 y 2022 los que presentaron más de un caso, sin embargo, no se encontró ninguna variable que los relacione. Los ataques ocurrieron en su mayoría en las provincias de Puntarenas y Guanacaste (figura 18) y con mayor frecuencia en los meses de marzo, abril y mayo que es cuando las crías han emergido de sus nidos y las hembras están cerca de ellos protegiéndolos. Otro pico de ataques, aunque menor, ocurre en los meses de setiembre y octubre, meses de cortejo y apareamiento (fig. 19). Los meses de diciembre y enero son los únicos que no reportan ataques fatales.

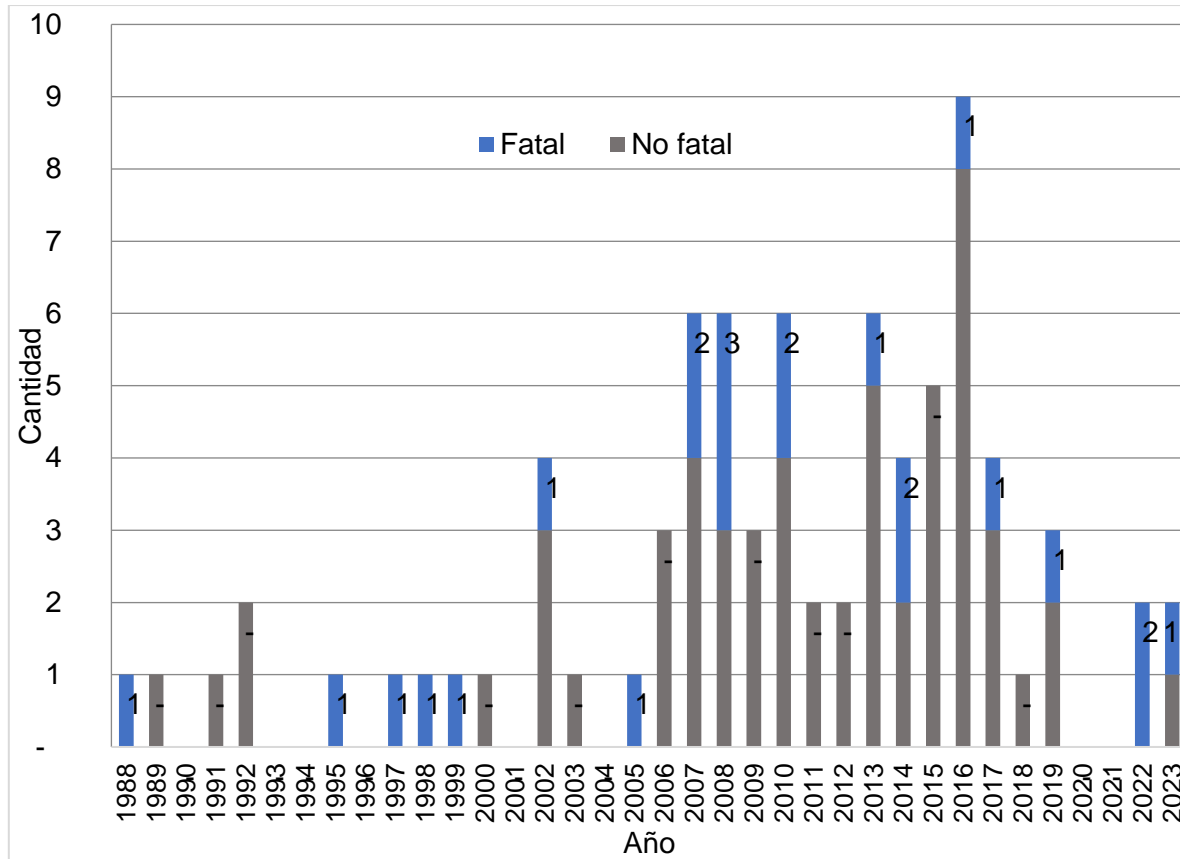


Figura 17. Ataques fatales y no fatales de cocodrilos hacia seres humanos, Costa Rica. Fuente: Sánchez (sin publicar). La cantidad de ataques fatales para cada año se muestra sobre cada barra. La barra acumulada muestra el total de ataques.

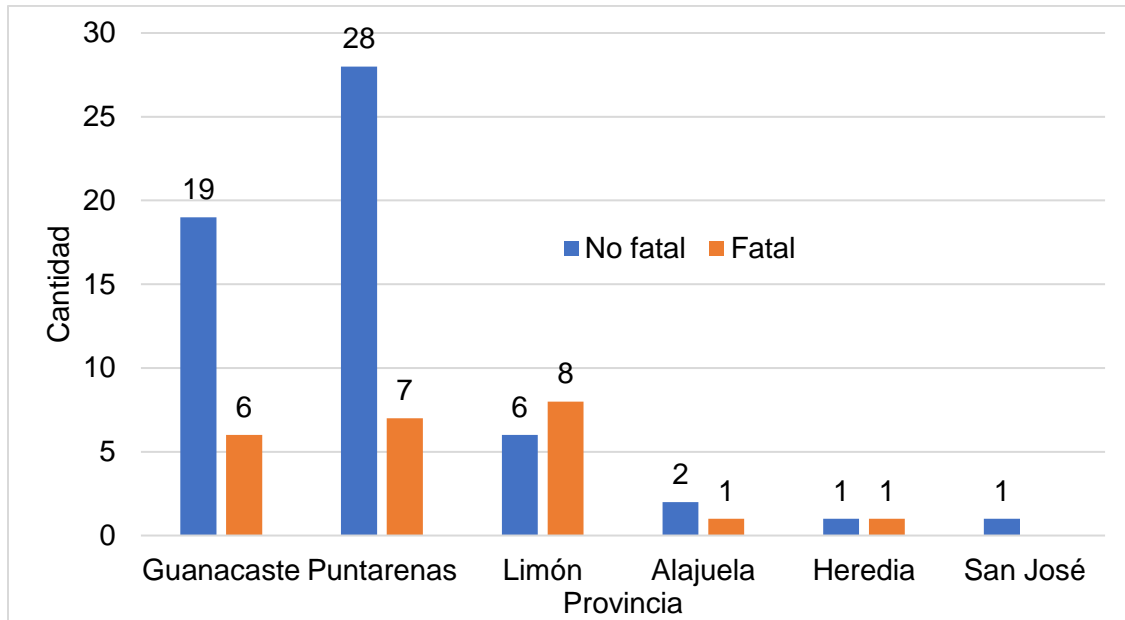


Figura 18. Ataques fatales y no fatales de cocodrilos hacia seres humanos por provincia en Costa Rica. Fuente: Sánchez (sin publicar).

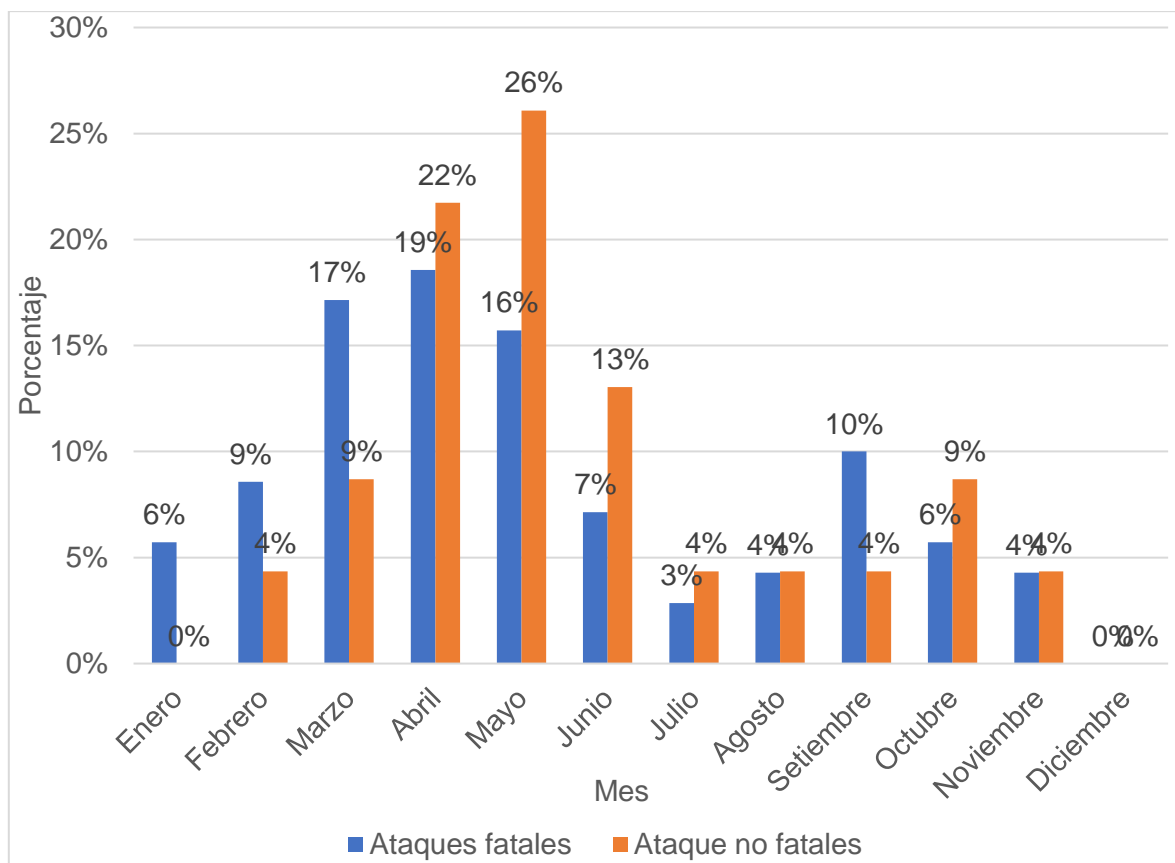


Figura 19. Distribución a lo largo de año de los ataques fatales y no fatales de cocodrilos hacia seres humanos, en Costa Rica. Fuente: Sánchez (sin publicar).



Cuadro 4. Tasa de ataques de cocodrilos en diferentes países. Diversas fuentes.

País	Tasa de ataques	Años del estudio	Especie
Queensland, Australia	1.3	1971 - 2015	<i>C. porosus</i>
India	2.85	Varios años	<i>C. porosus</i>
Costa Rica	2.2	1990 - 2023	<i>C. acutus</i>
México	8.27	2000 - 2018	<i>C. acutus</i> y <i>C. morelettii</i>
Sudan	11.5	2018 - 2020	<i>C. niloticus</i>

En aras de avanzar en la dirección de reducir el riesgo de que ocurran ataques, es necesario recalcar que en la gran mayoría de los casos, ha sido el ser humano quien ha entrado al hábitat del cocodrilo, sin haberse informado adecuadamente de la presencia de individuos adultos en el lugar, sin haber respetado la rotulación si es que la hubo y sin haber valorado la posibilidad de que algo tan terrible como el ataque de un cocodrilo pudiera suceder. Se debe enfatizar que evitar nuevos ataques, depende de nosotros como personas, comunidades, ciudadanía y Estado, pues el cocodrilo no puede cambiar su naturaleza, somos nosotros quienes debemos valorar los riesgos, gestionarlos para que sean mínimos y aun así, no exponerse ni exponer a otras personas, a un ataque. Es mucho lo que se debe hacer y como país, se puede avanzar en la dirección correcta.

## Conclusiones

1. **Costa Rica dispone de estudios sobre la población de cocodrilos que permite construir un escenario aceptable sobre la abundancia de esta especie** y que abarcan un periodo suficientemente largo, a pesar de que algunos de estos datos estén desactualizados.
2. Los datos indican que **la zona con la población más grande de cocodrilos de Costa Rica es el Gran Humedal del Tempisque**, el cual presenta características ecológicas ideales para el desarrollo de esta especie y es una zona extensa (267 km lineales de hábitat).
3. **La población de cocodrilos mostró crecimiento en el Gran Humedal del Tempisque**, al menos hasta 2012. En el Pacífico Central, **la población de cocodrilos en el Río Tárcoles descendió** hasta el 2008. Ambos datos deberán ser corroborados mediante nuevos monitoreos. En todo caso, las poblaciones silvestres son relativamente homogéneas y rara vez presentan cambios abruptos en sus poblaciones, por lo que no se espera que los datos históricos estén lejos de la realidad.
4. Se concluye que **no existe sobrepoblación de cocodrilos**, siendo que sí existen lugares en el país con mayor concentración de individuos. Aunque no se analiza la dimensión de los factores bióticos y la resistencia ambiental que de manera natural condiciona el crecimiento de la población de cocodrilos, la densidad relativa de individuos observada y especialmente la densidad relativa de adultos en las diferentes zonas de estudio del país, sugieren que la población de cocodrilos no se encuentra cerca de alcanzar la capacidad de carga del ecosistema, o de estar en sobrepoblación, como es percibido por la ciudadanía.
5. **La cantidad de cocodrilos en las zonas de estudio no son altas**, especialmente al considerar el grupo de los adultos, que son los reproductores en una población y los que potencialmente pueden atacar al ser humano. Si se considera que para la Zona Norte la cantidad de cocodrilos adultos es de 28 individuos o que para el Caribe Central es de 46 y que estos están distribuidos en áreas relativamente extensas, una presión externa como la cacería podría reducir o llevar a desaparecer la especie de un lugar. Un caso como este fue observado en Bahía Salinas, Pacífico Norte, en donde a pesar de los reportes de cocodrilos que se recibieron, durante los monitoreos en 2021 y 2022 no fue posible observar ningún individuo. Al indagar, se tuvieron reportes de cacería en la zona. En este sentido es importante hacer notar que la especie sigue teniendo una población vulnerable, más allá de la percepción que la ciudadanía tenga a raíz de las interacciones negativas que han ocurrido.
6. **La mayoría de los ataques a seres humanos han ocurrido durante la época de eclosión de las crías**, por lo que es falsa la creencia de que interactuar con las crías es inofensivo. Además, es necesario identificar las zonas de anidamiento de cocodrilos como parte de las acciones para prevenir interacciones negativas.
7. **Se requiere de una metodología estandarizada para el monitoreo de la población de cocodrilos**, que permita a los tomadores de decisiones disponer de información clara sobre los lugares con mayor cantidad de cocodrilos adultos, así como del comportamiento de la población en el largo plazo.

8. **Las áreas en donde traslapan poblaciones humanas y hábitat potencial alto o medio para los cocodrilos representan el mayor riesgo de que ocurran interacciones negativas**, en especial en las que cuentan con mayor población flotante por visitación de turistas nacionales y extranjeros.
9. Existe **riesgo potencialmente alto de ataque a personas que realizan actividades recreativas o de subsistencia en cuerpos de agua con cocodrilos adultos**. Las personas que ingresen a cuerpos de agua en donde haya cocodrilos adultos estarán expuestas a un alto riesgo de ataque al practicar natación, “kayaquismo”, remo sobre tablas (paddle board), pesca de subsistencia, entre otras, pues estarían indefensas ante un cocodrilo adulto y representa una presa de muy fácil acceso.
10. **Se dispone de información adecuada para la toma de decisiones en la gestión correcta y oportuna de las interacciones entre humanos y cocodrilos**, proveyendo mejor seguridad y facilitando la convivencia entre ambas especies. Se requiere la inversión pública y privada correspondiente, así como la voluntad de realizar las actividades necesarias para prevenir tanto como sea posible, los ataques, sin desestimular las actividades económicas que se realizan en los sitios con cocodrilos adultos.

## Recomendaciones

Con base en las conclusiones derivadas de este estudio se presentan las siguientes recomendaciones.

1. **Implementar acciones preventivas inmediatas** como rotulación, charlas divulgativas en comunidades y sitios expuestos a riesgo alto y medio de interacciones negativas con cocodrilos, así como acciones de comunicación a nivel local, regional y nacional sobre el hábitat potencial del cocodrilo y las medidas de prevención que se deben tomar en estas zonas, en busca de la conservación de la especie y el resguardo de la vida humana.
2. **Fortalecer la capacidad de los cuerpos de primera respuesta ante una interacción negativa entre humanos y cocodrilos (Cuerpo de Bomberos, Ministerio de Seguridad Pública y SINAC)**, de manera que se brinde la atención de casos de manera rápida, oportuna y en la dimensión requerida. La capacitación debe incluir aspectos sobre biología de la especie, técnicas de captura, procedimientos de atención de casos, protocolos de atención interinstitucional, aspectos legales, entre otros. Particularmente, cada Área de Conservación debería constituir y mantener activa una o varias cuadrillas de sus funcionarios, capacitados para el trabajo con cocodrilos, su captura, inmovilización, transporte y posterior liberación. Es fundamental contar con personas debidamente capacitadas y entrenadas en la atención de reportes de cocodrilos y de emergencias en desarrollo.
3. **Aprovisionar al SINAC del equipo necesario para la atención de casos**, pues, aunque no son equipos particularmente caros, si representan un gasto tangible, y es imprescindible que este equipo esté disponible, completo y en buen estado en todo momento, para ser capaces de responder eficazmente cuando resulte necesario. Este equipo consiste básicamente de un bote inflable o aluminio con motor fuera de borda, mecatres de diferentes grosores y tamaños, sogas metálicas para captura de cocodrilos, cinta adhesiva de 3" resistente, caja de herramientas con diversos artículos como lámparas, baterías recargables, libretas de datos, lectores de chips, chips para marcaje, trasmallos o chinchorro de dimensiones adecuadas, plomos de 2 a 4 libras, tubos pvc de ¾ de pulgada de grosor, bichero, anzuelos, cuerdas de pescar y otros instrumentos y accesorios menores.
4. **Oficializar un protocolo para el uso de fuerza letal en el caso de ataques fatales de cocodrilos a humanos**, entre SINAC y el Ministerio de Seguridad Pública.
5. **Actualizar los estudios sobre la población de cocodrilos del país**, mediante el esfuerzo coordinado entre SINAC, centros universitarios, empresa privada y organizaciones no gubernamentales atinentes al tema, para actualizar los estudios relacionados con el estado de las poblaciones de crocodílidos del país. Del mismo modo se presenta como muy importante realizar el estudio del Caribe Sur, el cual no dispone de esta información y es la única región de la que aún no se tienen datos confirmados. Para ello es importante reforzar esta zona con especialistas del tema que se encuentren en la institución.
6. **Elaborar y oficializar un protocolo de monitoreo ecológico para cocodrilos**, como parte del Programa de Monitoreo Ecológico del SINAC y con ello, establecer las variables y frecuencia de las investigaciones.

7. **Crear una guía para determinar zonas con diferentes grados de tolerancia a la presencia de cocodrilos o de humanos dentro de su hábitat**, de manera que existan zonas de presencia libre, de presencia regulada y de exclusión de cocodrilos, según la talla de los individuos (convivencia condicionada). Esta herramienta debe integrar variables sociales y ecológicas, que faciliten la toma de decisiones para el rápido abordaje de interacciones negativas. Esto brindará a las autoridades y comunidades claridad sobre los lugares en los que podrán existir cocodrilos de toda talla, sitios con cocodrilos con una talla máxima permitida y que no representen un riesgo para el ser humano y otros sitios en donde se excluya de manera total la presencia de cocodrilos. La construcción e implementación de esta metodología debe involucrar al SINAC como ente responsable de la vida silvestre del país, especialistas en cocodrilos, academia, gobiernos locales, representantes de organizaciones comunales como asociaciones de desarrollo u otras organizaciones de representación legítima. Esto deberá permitir la construcción de soluciones que brinden claridad a todos los actores involucrados en la prevención y atención de casos y que se generen espacios para la construir planes comunales para la prevención de interacciones negativas entre humanos y cocodrilos, en sitios considerados de riesgo potencial alto y medio de interacción. Una propuesta de esta guía se presenta en el anexo 1.
8. **Realizar las modificaciones al Reglamento a la Ley de Conservación de Vida Silvestre que permitan la adecuada respuesta** de las autoridades y cuerpos de primera respuesta para la atención de interacciones negativas entre humanos y cocodrilos, así como otras especies de vida silvestre. Se recomienda, además, retomar el análisis de la propuesta de “Reglamento para el Manejo del Cocodrilo (*C. acutus*) en el Gran Humedal Tempisque y sus afluentes”.
9. Incorporar dentro de las modificaciones legales **un mecanismo para certificar y autorizar empresas y profesionales que, con autorización y coordinación del SINAC, atiendan interacciones negativas con cocodrilos**, que ocurran en recintos privados como industrias, piscinas, lagos artificiales, abrevaderos, entre otros. Esta medida podría ser aplicable a interacciones con otras especies de vida silvestre.
10. Iniciar la discusión técnica sobre el **establecimiento de sitios de manejo para la cría comercial de cocodrilos**, de manera que se analice la factibilidad de la F2 como la generación a comercializar y con ello, el correspondiente cambio normativo.
11. Analizar la conveniencia técnica, económica y financiera de que existan **sitios de manejo para depositar cocodrilos con comportamientos que obliguen a que sean retirados del medio natural, evitando así aplicar eutanasia**. Esto podría representar una oportunidad para iniciativas comunales ligadas al turismo, en comunidades de zonas cercanas al hábitat del cocodrilo. Esto fue planteado desde hace algunos años como “**La ruta del cocodrilo**” y proponía que se desarrollara en comunidades como Ortega de Santa Cruz, Tárcoles y Caño Negro (Bolaños, sin publicar).
12. **Establecer regulaciones para la observación segura de cocodrilos** en los que se brinde un servicio adecuado sin que se ponga en riesgo a los participantes, sean visitantes, guías o tripulación, evitando prácticas temerarias como las que se observan en el Río Tárcoles, Quepos y el Río Tempisque. Estas regulaciones deben complementarse con una guía de buenas prácticas para el desarrollo de tours dentro de humedales.

13. Contar con la **participación proactiva del Instituto Costarricense de Turismo y las organizaciones del Sector Turismo**, en los procesos de prevención e información dirigidos a los turistas nacionales, internacionales y a tour operadores.
14. **Abordar las amenazas a los cocodrilos, tales como la cacería, la destrucción del hábitat y la alteración de su comportamiento** por prácticas inadecuadas como la alimentación para espectáculos.
15. **La prevención de las interacciones negativas entre humanos y cocodrilos debe darse de manera urgente y prioritario con las comunidades**, en especial aquellas con mayor riesgo y traslape entre hábitat potencial, poblaciones de cocodrilos y poblaciones humanas. Se debe enfatizar en que la prevención, incluyendo actividades desde la comunicación, la educación ambiental y el abordaje de animales con comportamientos modificados por el ser humano (pérdida del miedo a los humanos por alimentación o manipulación), es la clave para reducir los ataques, pues hasta la fecha no ha sido reportado un ataque fuera del hábitat de estos animales.

Estas recomendaciones y otros planteamientos están incluidos en el “Plan de acción para la Gestión de interacciones negativas entre humanos y cocodrilos en Costa Rica, 2024-2027”.

## Referencias bibliográficas

Allsteadt J, Vaughan C. (1992). Ecological studies of the Central American Caiman (*Caiman crocodilus fuscus*) in the Caño Negro National Wildlife Refuge, Costa Rica. Bulletin of the Chicago Herpetological Society. 23:123–126.

Álvarez; M, Calvo; C, Coto; F, Gómez; M, Rodgers; R y Villalobos; M (2014). Estudio de determinación de necesidades de capacitación, formación profesional en la unidad regional Pacífico Central. San José, Costa Rica.

Amarasinghe A. A. T., Madawala M. B., Karunarathna D. M. S. S., Manolis S. C., De Silva A., Sommerlad R. (2015). Human-crocodile conflict and conservation implications of Saltwater Crocodiles *Crocodylus porosus* (Reptilia: Crocodylia: Crocodylidae) in Sri Lanka. Journal of Threatened Taxa 7:111-7130.

Aust P., Boyle B., Fergusson R., Coulson T. (2009). The impact of Nile crocodiles on rural livelihoods in northeastern Namibia. South African Journal of Wildlife Research 39: 57-69.

Balaguera-Reina S. A., González-Maya J. F. (2010). Percepciones, conocimientos y relaciones entre los Crocodylia y poblaciones humanas en la Vía Parque Isla de Salamanca y su zona de amortiguamiento, Caribe colombiano. Revista Latinoamericana de Conservación 1:53-63.

Barrantes L. (2008). Determinación de la variabilidad genética y flujo genético entre poblaciones de cocodrilo (*Crocodylus acutus*) de los ríos Tempisque, Tárcoles y el complejo Terraba-Sierpe, con mención especial a la condición de la población del Tempisque. M.Sc. Dissertation, UNA. Heredia, Costa Rica.

Barrantes L. D. (2010). Analysis of crocodile attacks in Costa Rica 1990-2009. Crocodile Specialist Group Newsletter 29:14-15.

Bolaños J. (2011). Plan Estratégico para el Manejo de la población de *Crocodylus acutus* (cocodrilo americano), en el Gran Humedal Tempisque. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Dirección Regional. Área de Conservación Arenal Tempisque. 20 p.

Bolaños J. (2012a). Manejo de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) en estanques de cultivo de tilapia en Cañas, Guanacaste. Revista de Ciencias Ambientales 43:63-72.

Bolaños J. (2012b). Survey of American Crocodiles in Tempisque Great Wetlands, Guanacaste, Costa Rica. Crocodile Specialist Group Newsletter 31: 2-7.

Bolaños (sin publicar). La ruta de los cocodrilos: propuesta de plan sustitutivo de la actividad denominada “la lagarteadá”, en las comunidades de Ortega y Bolsón, en el cantón de Santa Cruz, Guanacaste, e inclusión de otras comunidades en un plan de desarrollo integral para la zona norte y costera del pacífico Central de Costa Rica.

Bolaños-Montero, J.R., Orozco-Ríos, W., Matarrita-Herrera, M.A., Sigler, L., Barr, B.R. (2023). Population status of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) Reptilia: Crocodylidae, and the spectacled caiman (*Caiman crocodilus* Reptilia: Alligatoridae) in the North Zone of Costa Rica. (presentado para publicar). Journal of Herpetology.

Bolaños J., Sánchez J., Piedra L. (1997). Inventario y estructura poblacional de crocodílidos en tres zonas de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 45: 283-287.

Bolaños J., Sánchez J., Sigler L., Barr B. R., Sandoval I. (2019). Population status of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) and the caiman, *Caiman crocodilus* (Reptilia: Alligatoridae), in the Central Caribbean of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 67(6).

Bolaños, J. (2002). Reflexiones acerca del conflicto entre el hombre (*Homo sapiens*) y el cocodrilo *Crocodylus acutus*. Asociación de especialistas en crocodílidos – Centroamérica. San José. Costa Rica.

Bolaños, J., Sánchez, J., Piedra, L. (1995). Inventario y estructura poblacional de crocodílidos en tres zonas de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*: 44(3)/45(1): 283-287, 1996-1997

Brenes, O. (Sin publicar). Informe de investigación: Monitoreo poblacional de especies del orden Crocodylia en el Río Térraba Osa, Puntarenas, Costa Rica, período enero 2021 a abril 2022. 23 p.

Brien, M. L., Cherkiss M. S., Mazzotti F. J. (2008). American crocodile, *Crocodylus acutus*, mortalities in Southern Florida. *Florida Field Naturalist* 36: 55-59

Caldicott D. G., Croser D., Manolis C., Webb G., Britton B. (2005). Crocodile attack in Australia: an analysis of its incidence and review of the pathology and management of crocodile attacks in general. *Wilderness and Environmental Medicine* 16:143-159.

Carrillo, E., Vaughan C. 1994. *La Vida Silvestre de Mesoamérica: diagnóstico y estrategia para su conservación*. 1era. Edición. Editorial EUNA. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 362 p

Carrillo-Rivera N. (2013). Interacción entre el Ser Humano y el Cocodrilo Americano (*Crocodylus acutus*) en el Gran Humedal Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. M.Sc. Dissertation, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Escobedo-Galván, Armando. 2005. El lagarto amarillo (*Crocodylus acutus*, Crocodylia: Crocodylidae): su estado poblacional en dos ríos del Pacífico Central de Costa Rica. *Brenesia*, Vol 2005, No 63-64:113-120

Escobedo, A. (2003). Periodos de actividad y efectos 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.

Fergusson, R. (2004). Preliminary analysis of data in the African human–crocodile conflict database. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 23–24:21–22.

Fonseca A. (2008). Decimocuarto informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. La Zona Marino Costera. Consejo Nacional de Rectores (CONARE). San José, Costa Rica. 62 pp



Gardner, PC., Goossens, B., Goon Ee Wern, J., Kretzschmar, P., Bohm, T., Vaughan, IP. (2018) Spatial and temporal behavioural responses of wild cattle to tropical forest degradation. PLoS ONE 13(4): e0195444.

Herrera, V., & Mata, R. (1993). Cartografía y clasificación de los suelos de la llanura aluvial delimitada por los ríos Madre de Dios, Barbilla y Matina. *Agronomía Costarricense*, 17(1), 7-24.

Jiménez, J. A., González, E., Jiménez, A., Pizarro, F. (2008). Determinación preliminar del caudal ambiental en el Río Tempisque, Costa Rica: el enfoque hidrológico con limitación de datos. *Revista Forestal* 5(13):1-18.

Karchesy, YM., Kelsey. RG, Constantine, G., Karchesy, JJ. (2016). Biological screening of selected Pacific Northwest forest plants using the brine shrimp (*Artemia salina*) toxicity bioassay. *SpringerPlus*. 5(1):510.

King F., Espinal M., Cerrato C. (1990). Distribution and status of the crocodilian of Honduras. Results of a survey conducted for the Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, and the Honduras Secretaría de Recursos Renovables. In Proceedings of the 10th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group of the Species Survival Commission of IUCN (pp. 313-354). Florida, USA.

Kushlan, J., & Mazzoti, F. (1986). Population biology and status of the American crocodile in South Florida. Florida, USA: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Lamarque F., Anderson J., Fergusson R., Lagrange M., Osei-Owusu Y., Bakker L. (2009). Human-wildlife conflict in Africa: Causes, consequences, and management strategies. Food and Agriculture Organization of the United Nations Bulletin, Rome, Italy, 98pp.

Langley, R. L. (2005). Alligator attacks on humans in the United States. *Wilderness and Environmental Medicine*. 16:119–124.

Laurance W., Nascimento H., Laurance S., Andrade A., Fearnside P., Ribeiro J., Capretz R. (2006). Rain Forest Fragmentation and The Proliferation of Successional Trees. *Ecology* 87:469-482.

Leenders T. (2019). Reptiles of Costa Rica: A Field Guide. Comstock Publishing Associates. USA. 640 pp.

Mauger, L. A., Velez, E., Cherkiss, M. S., Brien, M. L., Boston, M., Mazzotti, F. J., & Spotila, J. R. (2012). Population assessment of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1889-1901.

Mauger L. A., Velez E., Cherkiss M. S., Brien M. L., Mazzotti F. J., Spotila, J. R. (2017). Conservation genetics of American crocodile, *Crocodylus acutus*, populations in Pacific Costa Rica. *Nature Conservation* 17:1- 17.

Mazzotti F. L., Brandt P., Moler., Cherkiss M. (2007). American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Florida: Recommendations for Endangered Species Recovery and Ecosystem Restoration. *Journal of Herpetology* 41(1):121–131.

McGregor, J. (2005). Crocodile crimes: people versus wildlife and the politics of postcolonial conservation on Lake Kariba, Zimbabwe. *Geoforum* 36(3):353– 369.

Medem F. (1981). Los Crocodylia de Sur América. Los Crocodylia de Colombia. Vol. I. Bogotá, Colombia: Editorial Carrera. 354 pp.

Menacho R. (2001). Turismo y vida silvestre en los humedales del Tempisque. *Revista de Ciencias Ambientales*. 21(1): 13-22.

Méndez-Venegas, M., Bolaños, J.R., Sandoval, I. Piedra, R., Vélez,, E. (en preparación). Estado poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*; Cuvier, 1807) (Reptilia: Crocodylidae), en el sector costero Pacífico Norte de Costa Rica.

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 Tárcoles, Costa Rica. Tesis de Maestría para optar al grado de Magister Sceintiae en Manejo y Conservación de Vida Silvestre. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 94 pp.

Murray C. M., Easter M., Padilla S., Garrigós D. B., Stone J. A., Bolaños-Montero J., Guyer C. (2015). Cohort-dependent sex ratio biases in the American crocodiles (*Crocodylus acutus*) of the Tempisque basin. *Copeia* 103:541-545.

Odum, E.P. y Barret, G.W. (2006). *Fundamentos de Ecología* (5ª ed.). CENGAGE Learning.

Orozco W. (2015). Monitoreo de la población de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) en el río Tempisque. Guanacaste. Costa Rica. 2011-2014. Disertación. Práctica Dirigida. Universidad Estatal a Distancia (UNED). San José. Costa Rica.

Peraza, M. (2015). Estado actual, distribución y cuota de cosecha de la población de *Crocodylus acutus* en la cuenca baja del río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. M.Sc. Dissertation, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 70 pp.

Piedra L. (2000). Estado de las poblaciones de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) (Reptilia: Crocodylidae) en tres ríos del Pacífico Central de Costa Rica (Disertación. Licenciatura, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica).

Pooley AC, Hines T, Shields J. (1989). Attacks on humans. In: *Crocodiles and Alligators*. New York: Weldon Owen. p. 172–187.

Pooley S. (2017). A Cultural Herpetology of Nile Crocodiles in Africa. *Conservation and Society* 14:391-405.

Pooley S., Siroski P., Fernandez L., Sideleau B., Ponce-Campos P. (2021). Human–crocodilian interactions in Latin America and the Caribbean region. *Conservation Science and Practice* 3(5): e351.

Pooley, S. (2016). A cultural herpetology of Nile crocodiles in Africa. *Conservation and Society*. 14(4):391–405.

Porras, L.P., & Cambronero Mata, E. (2020). Analysis of the Interactions Between Humans and Crocodiles in Costa Rica. *South American Journal of Herpetology* 16:26–33

Porras, L.P. (2004). Situación actual del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en los ríos Jesús María, Tárcoles y Tusubres: estructura poblacional e intercambio genético. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 82 p.

Ramírez, A. (2008). Análisis de conflictos socioambientales relacionados con el aprovechamiento y la contaminación de los recursos hídricos en Guanacaste (1997-2006). *Anuario de Estudios Centroamericanos*, Universidad de Costa Rica, 33-34: 359-385, 2007-2008

Ross J.P. (ed.). (1998) *Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan*. 2nd Edition. IUCN/SSC Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 96 pp.

Ryall, KK. & Fahrig, L. (2006). Response of predators to loss and fragmentation of prey habitat: a review of theory. *Ecology*. 87(5):1086–1093.

Sánchez J. (2001). Estado de la población de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) en el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. INBIO, Heredia, Costa Rica. 49 pp.

Sanchez, J. (sin publicar). Base de datos de ataques de cocodrílidos a humanos: 1988 – a la actualidad.

Sánchez J., Bolaños J., Piedra L. (1996). Población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en dos ríos de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44(2):835-840

Sandoval I., Duran-Apuy A., Quirós-Valerio J. (2017). Activities That May Influence the Risk of Crocodile (*Crocodylus acutus*: Reptilia: Crocodylidae) Attack to Humans in the Tempisque River Area, Guanacaste, Costa Rica. *Uniciencia*, 31(1):13-22.

Sandoval L., Morera C., Sandoval I. (2019). Zonificación de las áreas propensas a incidentes por ataques de *Crocodylus acutus* en el Pacífico Central de Costa Rica utilizando un Sistema de Información Geográfico. *Revista Cartográfica* 98:259-279.

Sandoval I., Morera C., Sandoval I. (2020). Determinación del hábitat potencial del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) como estrategia para la reducción de conflictos con el ser humano en el Pacífico Central, Costa Rica. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)* 17: 1-17

Sasa M., Chaves G. (1992). Tamaño, estructura y distribución de una población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 40(1):131–134.

Schwenk, WS., Donovan, TM., Keeton, WS., Nunery, JS. (2012). Carbon storage, timber production, and biodiversity: comparing ecosystem services with multi-criteria decision analysis. *Ecological Applications*. 22(5):1612–1627.

Sutton (2006). *Fundamentos de Ecología*. (1a ed.) LIMUSA.

Thorbjarnarson J. B. (1989). Ecology of American Crocodile, *Crocodylus acutus*. Pp. 228–259, in International Union for the Conservation of Nature (Ed.), *Crocodiles: Their Ecology, Management and Conservation*. IUCN, Gland.

Valdelomar, V., Ramírez-Vargas, M. A., Quesada-Acuña, S. G., Arrieta, C., Carranza, I., Ruiz-Morales, G., Espinoza-Bolaños, S., Mena-Villalobos, J. M., Brizuela, C., Miranda-Fonseca, L., Matarrita-Herrera, M., González-Venegas, J., Calderón-Sancho, E., Araya, J. F., Sauma-Rossi, Álvaro, Sandoval-Hernández, I., & Gómez-Lépiz, A. (2012). Percepción y conocimiento popular sobre el cocodrilo *Crocodylus acutus*; (Reptilia:Crocodylidae) en zonas aledañas al río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 4(2), 191-202.

Vanwersch, K. (1998). Crocodile bite injury in southern Malawi. *Tropical Doctor* 28:221–222.

Venegas-Anaya, M., Escobedo-Galván, A., Balaguera-Reina, S., Lawrence, F., Sanjur, O., Densmore, L. (2015). Population ecology of American crocodile (*Crocodylus acutus*) in Coiba National Park, Panama. *Journal of Herpetology* 49(3):349–357.

Woodroffe R., Thirgood S., Rabinowitz A. (2005). *People and Wildlife: Conflict or Coexistence*. Cambridge University Press, UK, 516 pp.

Criterios para valorar la presencia o exclusión de cocodrilos en diferentes contextos en Costa Rica.

Escenario	Acciones de manejo			
Cuerpo de agua dentro de ASP, presencia de cocodrilos, incluyendo cocodrilos adultos, sin comunidades humanas cercanas: ej. Parque Nacional Corcovado, Parque Nacional Santa Rosa, Parque Nacional Tortuguero.	Sitio de presencia irrestricta de cocodrilos, acciones preventivas básicas*			
Cuerpo de agua dentro o fuera de ASP con población de cocodrilos, con o sin cocodrilos adultos; población humana cerca o alrededor de hábitat de cocodrilos: ej. Río Tárcoles, Nosara, Tamarindo, Río Térraba, Río Pacuare, Río San Carlos		Sitio de presencia de cocodrilos, seguimiento continuo a la prevención de interacciones negativas, al comportamiento de cocodrilos adultos, acciones de manejo**		
Sitios con alta visitación turística en zonas de desplazamiento de cocodrilos entre cuerpos de agua, hábitat relativamente pobre para cocodrilos, cuerpos de agua artificiales: ej. esteros relativamente pequeños rodeados de comunidades humanas, lagos artificiales, lagunas estacionales.			Sitio de tolerancia de tallas menores (1.5 m)	
Fuera de cuerpos de agua y en sitios con infraestructura o espacios utilizados por el ser humano: sistemas de alcantarillados, plantas de tratamiento de aguas residuales, lagunas de producción agropecuaria o acuícola.				Sitios de exclusión

\* Acciones preventivas básicas: monitoreo de población, investigación científica, rotulación, información a visitantes.

\*\*Acciones de manejo: rotulación preventiva, planes de acción preventivos con comunidades, captura y traslocación de individuos con riesgo de interacciones negativas, monitoreo de población, información en espacios comunales.