

**Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG).**

Revista digital del Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 12, Número 17, 2020, Sección I: Artículos. pp. 1-17

---

**DETERMINACION DEL HABITAT POTENCIAL DEL COCODRILO AMERICANO (CROCODYLUS ACUTUS) COMO ESTRATEGIA PARA LA REDUCCION DE CONFLICTOS CON EL SER HUMANO EN EL PACIFICO CENTRAL, COSTA RICA.**

**Luis F. Sandoval Murillo - Carlos Morera Beita - Iván Sandoval Hernández**

Universidad Nacional de Costa Rica

Académico Escuela de Ciencias Geográficas

[luis.sandoval.murillo@una.cr](mailto:luis.sandoval.murillo@una.cr)

**RESUMEN**

El hábitat potencial de una especie es aquel que reúne las condiciones físico-geográficas y ecológicas, para su presencia facilitando elementos esenciales como la alimentación, refugio y la perpetuación de su especie garantizando su conservación como individuo. En el caso del cocodrilo americano las condiciones de su hábitat se delimitan según sus requerimientos ecológicos, asociadas a altitudes menores a los 700 msnm, la presencia de una adecuada red de drenaje, áreas de inundación y coberturas de uso de la tierra como manglares, vegetación anegada playones de río y cuerpos de agua, características fundamentadas en estudios bibliográficos. Dado lo anterior la presente investigación plantea la delimitación del hábitat potencial del *crocodylus acutus*, en el Pacífico Central de Costa Rica, resultado validado con el registro de casos atendidos por el cuerpo de Bomberos durante el periodo 2007 - 2017, además dicha delimitación constituye una estrategia para la reducción de conflictos con el ser humano donde la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel transcendental.

**Palabras clave:** Cocodrilo americano, evaluación de hábitat, conservación de vida silvestre, uso de la tierra, SIG.

**ABSTRACT**

The potential habitat of a species is one that meets the physical-geographical and ecological conditions, for its presence by providing essential elements such as food, shelter and the perpetuation of its species, guaranteeing its conservation as an individual. In the case of the American crocodile, the conditions of its habitat are defined according to its ecological requirements, associated with altitudes lower than 700 meters above sea level, the presence of an adequate drainage network, flood areas and land use coverings such as mangroves, vegetation

flooded river banks and bodies of water, characteristics based on bibliographic studies. Given the foregoing, the present investigation addresses the delimitation of the potential habitat of *Crocodylus acutus*, in the Central Pacific of Costa Rica, a result validated by the registry of cases attended by the Fire Department during the period 2007 - 2017, and this delimitation is a strategy for the reduction of conflicts with the human being where the application of Geographic Information Systems (GIS) play a transcendental role.

**Key words:** American crocodile, habitat assessment, wildlife conservation, land use, GIS.

## INTRODUCCIÓN

La distribución del cocodrilo americano, está centrada principalmente en las zonas tropicales, a nivel de América, encontrándose ampliamente distribuida desde el estado de la Florida, (Estados Unidos), México, Centro América, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Jamaica, Cuba y República Dominicana (Alvarado, 2005). En Costa Rica esta especie se localiza a lo largo de ambas costas, así como en las tierras continentales, concentrando en el Pacífico Central una de las poblaciones de cocodrilos más importantes. A pesar de esta relevancia, no existen investigaciones que identifiquen el hábitat potencial del cocodrilo a nivel espacial. Demostrando únicamente a nivel de referencias bibliográficas, cuáles son las condiciones necesarias para su presencia sobre un territorio asociadas a las áreas de manglar, acompañada de ríos caudalosos y anchos, lagunas, playones, zonas con cobertura forestal, áreas de inundación, elevaciones menores a los 700 msnm y cursos de agua como canales de riego. Características que se sustenta en estudios realizados por, Bolaños (2002) y Sánchez, Piedra (1995), al mencionar que la distribución del cocodrilo se extiende desde la línea costera hacia adentro en el territorio, con la posibilidad de localizar a la especie hasta altitudes de los 700 msnm, después de esta elevación, la temperatura y la topografía limitarían su avance; de la misma manera se cree que también son repelidos por la concentración de actividades humanas, lo que genera un aumento en la cantidad de encuentros entre ambas especies.

Lo mencionado no impide que también suelen encontrarse en cursos de agua de poco caudal, en aguas tranquilas y de poca profundidad, (Bolaños, 2002). Por su parte Motte, 1994 evidencia que, al ser la especie tolerante a la salinidad, se le puede encontrar también en mar abierto y es común avistarlo en playas y manglares. Por lo que la presente investigación se enfoca en determinar e integrar espacialmente las variables físico - geográficas para la delimitación de su hábitat potencial en Pacífico Central de Costa Rica, como estrategia para la reducción de conflictos con el ser humano, a partir de la combinación de variables espaciales por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta representación espacial, contribuirá al beneficio de diferentes grupos sociales que desarrollan una amplia gama de actividades agro-pastoriles, asentamientos urbanos y turísticos, así como la implementación de infraestructura vial y urbana, dentro del hábitat delimitado como potencial para el cocodrilo americano.

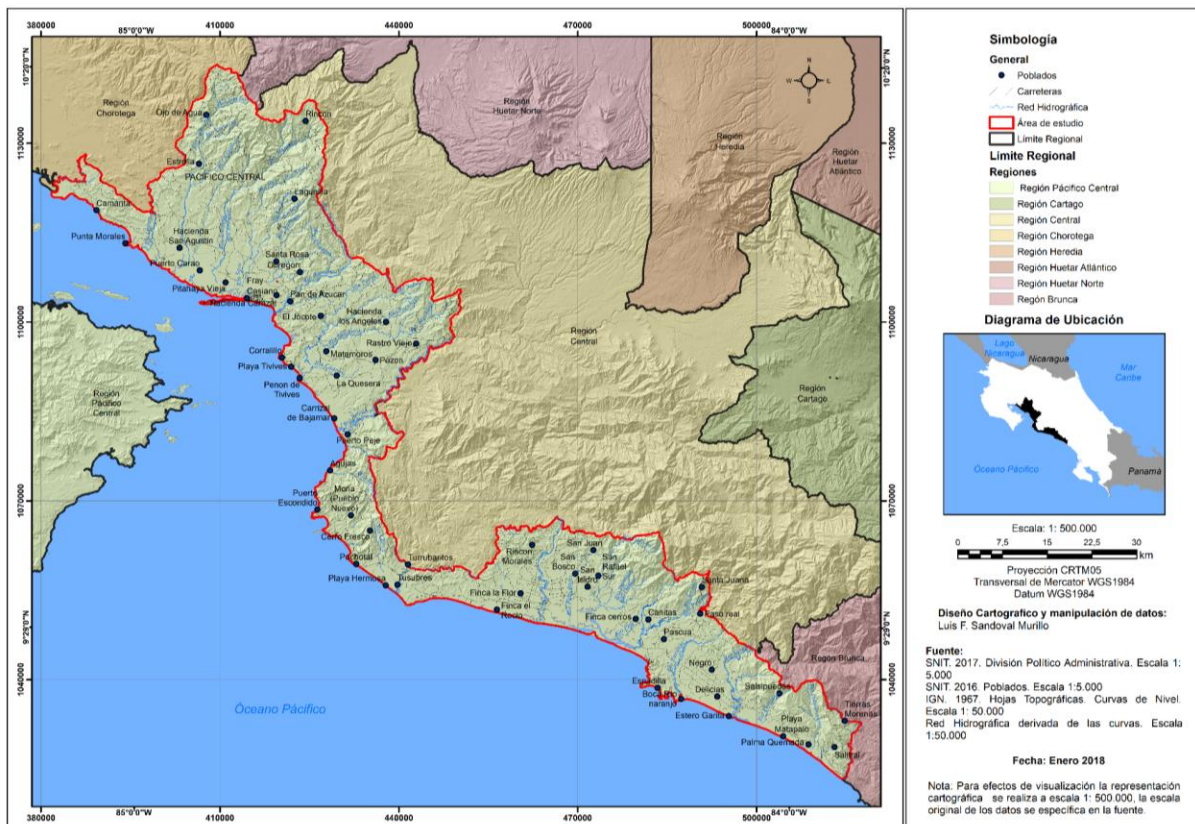
Lo antepuesto se fundamental en una sociedad donde la información y la tecnología son elementos esenciales en todos los campos científicos, y acuerdo a Moreira (1996), los estudios para la conservación de la biodiversidad poseen un componente espacial muy marcado para la conservación de especies, comunidades y ecosistemas donde es imprescindible el conocimiento de su localización y distribución espacial en el territorio, donde los SIG tiene un papel transcendental. Apoyado en aportes realizados por Buzai (2010), al definir que los SIG además

de ser una herramienta tecnológica representan una síntesis teórica y metodológica de diversos conceptos asociados al componente espacial como: localización referida a la ubicación espacial, interacción como la forma en que se producen vínculos horizontales que privilegian los movimientos sobre el espacio geográfico, y evolución en la incorporación de la dinámica temporal que permite ver como las entidades geográfica cambian sus pautas espaciales a través del tiempo.

## METODOLOGÍA Y MATERIALES

El área de estudio corresponde a la región Pacífico Central, que comprende los cantones de la provincia de Puntarenas: Esparza, Montes de Oro, Aguirre, Parrita, Garabito y Puntarenas, así como los de San Mateo y Orotina pertenecientes a la provincia de Alajuela. Se delimita por las coordenadas geográficas extremas 9°19' 00" y 10°9' 28" latitud norte; 83° 57'36" y 85°06'20", longitud oeste y las coordenadas métricas 382147 – 1123411 y 514551 – 1023484. Según la regionalización del SINAC, la Región Pacífico Central administrativamente pertenece al Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC) (Mapa 1).

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio, Pacífico Central.



**Fuente:** Elaboración propia

## **Análisis y procesamiento de la información a partir de los SIG**

En la elaboración del hábitat potencial del *Crocodylus acutus*, se identificaron las variables físico – geográficas que integran el hábitat de la especie de acuerdo a la revisión teórica, identificándose las siguientes: altitud menor a los 700 msnm, red de drenaje, áreas de inundación y tipo de uso de la tierra (Manglares, vegetación anegada playones de ríos y cuerpos de agua). La cual se generó a partir de cuatro etapas la primera consistió en la generación de las áreas con elevaciones menores a los 700 msnm, el cual se elaboró a partir de un modelo digital de elevación (MDE) utilizando la capa vectorial de curvas a escala 1: 50.000 de las hojas topográficas del IGN, correspondientes a Abangares, Barranca, Berrugate, Chapernal, Domatical, Dota, Golfo, Herradura, Juntas, Miramar, Naranjo, Parrita, Quepos, Rio Grande, San Lorenzo, Savegre, Tarcoles y Tilarán. Posteriormente se realizó un proceso de interpolación para la obtención del MDE con la herramienta de interpolation / topo to raster del Arc Gis, el cual es definido por ESRI como un método de interpolación diseñado específicamente para crear modelos digitales de elevación (DEM) hidrológicamente correctos, el cual está basado en el programa ANUDEM desarrollado por Hutchinson en el periodo 1988 - 2011.

La altitud se consideró de 0 a 700 msnm reclasificándose en tres categorías, las cuales fueron definidas según criterio de experto por Bolaños y Sandoval (2017). Estableciendo las siguientes clases 0 – 233 msnm alta, 234 – 466 msnm media, 467 – 700 msnm baja cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación del MDE

<b>Clasificación</b>	<b>Peso</b>	<b>Normalización</b>	<b>Categoría</b>
0 – 233 msnm	3	1	Alta
234 – 466 msnm	2	0.66	Media
467 – 700 msnm	1	0.33	Baja

**Fuente:** Elaboración propia

En la segunda etapa se genera la red de drenaje a partir del MDT generado anteriormente y utilizando la herramienta de Hydrology de Spatial Analyst, se obtuvieron los cauces y con ayuda de las hojas topográficas, se asignó la siguiente clasificación: canales, ríos y quebradas. Subsiguientemente con la herramienta Density/Line Density, se estimó los sectores con mayor densidad de drenaje por km<sup>2</sup>, la cual se reclasifico utilizando el método de intervalo igualitario como se especifica más adelante. Como tercera etapa se generó la delimitación de las áreas de manglar, los cauces de los ríos, vegetación anegada y cuerpos de agua, se utilizó imágenes RapidEye a escala 1:25.000 para identificar dichas coberturas de uso mediante la técnica de fotointerpretación y las herramientas de edición del programa Arc Gis 10.5. Además de las áreas de inundación, las cuales se obtuvieron de las bases de datos de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

En una cuarta etapa y con la identificación de las variables necesarias para la presencia del cocodrilo, se realizó una clasificaciones en tres categorías: alta, moderada y baja con su respectiva normalización, la cual consiste en la asignación y estandarización de los pesos mediante el método de máximo de lista, que se fundamenta en dividir el peso de cada registro

asignado entre el valor máximo de los pesos por cada una de las categorías, obteniendo así un valor normalizado para cada registro, que oscila en un rango de 0 a 1, siendo 1 el más óptimo y cero el menos óptimo (Submitted, Fulfillment, y Kong, 2010) como se muestra en la fórmula siguiente:

$$x'_i = x_i/x_{max} \quad (1) \text{ Normalización por máximo de lista.}$$

Con la normalización se establecieron tres grupos de categorías por valor según los pesos normalizados asignados a cada variable y su clasificación, como se expone a continuación:

La densidad de drenaje por km<sup>2</sup>, se reclasificó por medio de una jerarquía igualitaria entre categorías, donde se establecieron intervalos iguales en la medición a lo largo de toda la escala, considerando el valor mínimo y máximo del rango de valores de cada indicador (Coronado, 2007). Clasificado en tres categorías de baja con un rango entre 0.074 – 1.195, media 1.196 – 1.861 y alta con valores de densidad entre 1.862 y 3.053, cuadro 2. Con respecto a las áreas de inundación se asignó el valor de 3 a los sitios susceptibles a este tipo de eventos y valores de 1 a las áreas no propensas a inundarse, cuadro 2.

**Cuadro 2.** Clasificación de la densidad de drenaje por km<sup>2</sup> e inundación

<b>Clasificación</b>	<b>Peso</b>	<b>Normalización</b>	<b>Categoría</b>
0.074 – 1.195	1	0.33	Baja
1.196 – 1.861	2	0.66	Media
1.862 – 3.053	3	1	Alta
<b>Áreas de inundación</b>			
No inundable	1	0.33	Baja
Susceptible a inundación	3	1	Alta

**Fuente:** Elaboración propia y datos de la CNE.

Con respecto a la capa de cobertura de uso de la tierra conformada por las categorías de manglares, vegetación anegada, playones de ríos y cuerpos de agua, se asignó, un peso de acuerdo a las condiciones óptimas para la presencia del cocodrilo, donde adquieren mayor ponderación, con respecto a las demás coberturas de uso como lo muestra el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clasificación para las categorías de uso de la tierra

<b>Clasificación</b>	<b>Peso</b>	<b>Normalización</b>	<b>Categoría</b>
<b>Manglar</b>	3	1	Alta
<b>Vegetación anegada</b>	3	1	Alta
<b>Playones de río</b>	3	1	Alta
<b>Cuerpo de agua</b>	3	1	Alta

**Fuente:** Elaboración propia

Una vez determinados los rangos de cada variable, se relacionan por medio de un álgebra de mapas (suma), utilizando la media o promedio correspondiente a la suma de todas las puntuaciones de la variable dividida por el número total de casos (Fierro, 2010). Para el hábitat potencial, el cual integra las variables la altitud, red de drenaje, áreas de inundación y coberturas de uso de la tierra. Posteriormente, se realizó en ArcGis la agrupación de las cuatro variables utilizando la opción de Geoprocesamiento / Intercepción, luego se generó un campo para realizar la sumatoria de las variables utilizando los pesos normalizados de cada una, por medio de la calculadora de campo, donde se suman y dividen entre el total de las variables y luego se clasifican en tres grupos por medio de una jerarquía igualitaria entre valores, para obtener el hábitat potencial del *cocodrilo acutus* según categorías (cuadro 4).

**Cuadro 4.** Categorías para la selección del hábitat potencial del cocodrilo.

ID	Rango de la sumatoria	Categorías
1	0 – 0.33	Baja
2	0.34 – 0.66	Media
3	0.67 – 1	Alta

**Fuente:** Elaboración propia.

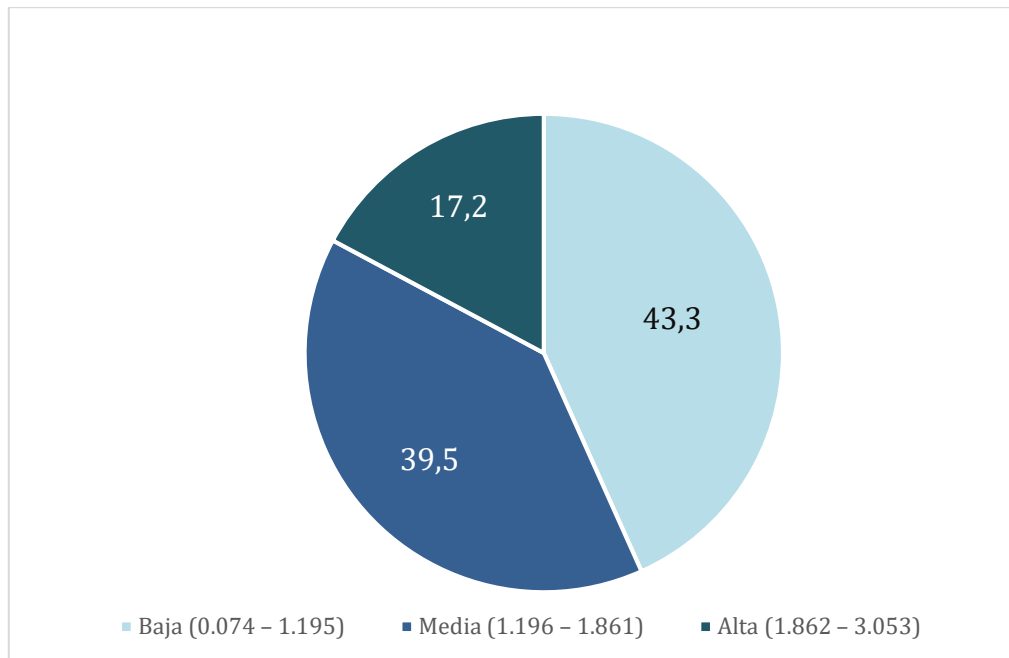
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución del cocodrilo de acuerdo con la densidad de la red drenaje

En el Pacífico Central la distribución del cocodrilo obedece a factores como la densidad de drenaje presente. El mapa 2 muestra las áreas con mayor densidad de ríos, donde prevalecen tres clasificaciones: El primero se localiza al norte de la ciudad de Puntarenas y representa un 6.08% de la superficie entre 2.33 y 3.44 cauces por km<sup>2</sup>, donde se localizan poblados como Palermo, Hacienda Vieja, La Irma, La Gloria y Puerto Carao, con la presencia de los ríos Aranjuez Guacimal, Tablón, Sardinal y Lagarto. Y hacia el sureste de la región con un 10% de su territorio, cubierta por los ríos Naranjo, Peje, Paquita, Sucio, Valeria, Pirris y Damas.

La densidad media de cauces entre 1.21 y 2.32 km<sup>2</sup> abarcan una superficie de 39.5% y se destacan ríos como el Tarcoles, Tivives, Lagarto, Barranca, Jesús María, Turrubares y Naranjo, cerca de poblados como Santa Rosa, Pan de Azúcar, Bajos del Coyote, Tusubres y Finca la Flor por mencionar algunos. Los sectores con mediana y alta densidad de cauces por km<sup>2</sup>, presentan condiciones favorables para la presencia del cocodrilo por la representación de ríos anchos, profundos y extensas áreas de playones. El sectores con menor presencia de cauces corresponde a las partes más altas con poblados como Dantas, Camaronal, Cerros Frescos, Chires, San Juan y áreas cercanas a las costas con relieves muy irregulares y pendientes mayores a un 30%, donde se localizan poblados como Playa Matapalo, Salitral, Pochotal, Mantas y Punta con densidades menores a 1.06 cauces por km<sup>2</sup> y representan un 43.3% de la región, sectores que no cumple con las condiciones óptimas para la presencia de este reptil, Gráfico 1 y mapa 2.

**Gráfico 1.** Clasificación de la densidad de drenaje por km<sup>2</sup>



**Fuente:** Elaborado a partir de las curvas de nivel de las hojas topográficas IGN.

Los sectores de baja densidad de ríos por km<sup>2</sup> en Pacífico Central, se caracteriza por relieves irregulares con la presencia de ríos cortos y de carácter torrencial en la parte alta y media. Con respecto a la densidad de alta y media de ríos por km<sup>2</sup> su localización, se caracteriza por sectores cercanos a las costas con ríos más sinuosos presentándose sectores pantanosos, manglares y esteros como al norte de Puntarenas, y en las comunidades de Quepos, Parrita y el distrito de Caldera (Álvarez et all, 2014). Estos elementos constituyen condiciones óptimas para el hábitat del cocodrilo, donde prevalecen ríos de movimientos lentos, pantanosos, lagos, manglares, donde sus paisajes suelen estar asociados a vegetación, los cuales favorecen su presencia y donde permanecen en agrupaciones sobre la orilla de los ríos y lagos. Donde algunos mantienen la mitad del cuerpo fuera o dentro del agua cubriendo casi toda su anatomía mientras otros son capaces de alejarse hacia la vegetación cercana y parecer inmóviles, (CrocoWorld, 2015).

Con respecto a la longitud de la red hidrográfica y su clasificación el cuadro 5, representa la longitud de cada tipo de drenaje, para las tres clasificaciones consideradas en la densidad de la red de drenaje, donde destaca un total de 373 km de longitud de ríos en sectores con densidades de 0.074 y 1.195 km<sup>2</sup>, mientras que en la categoría media entre 1.21 y 2.32 km<sup>2</sup> con una longitud de 529 km y de 306 km sectores con una densidad de 2.33 y 3.44 km<sup>2</sup>, comportamiento similar con el tipo de drenaje asociado a las quebradas. En cada uno de las tres densidades consideradas se presentan en menor longitud drenajes como esteros, estanque y lagunas, que constituyen posibles áreas para la presencia de la especie.

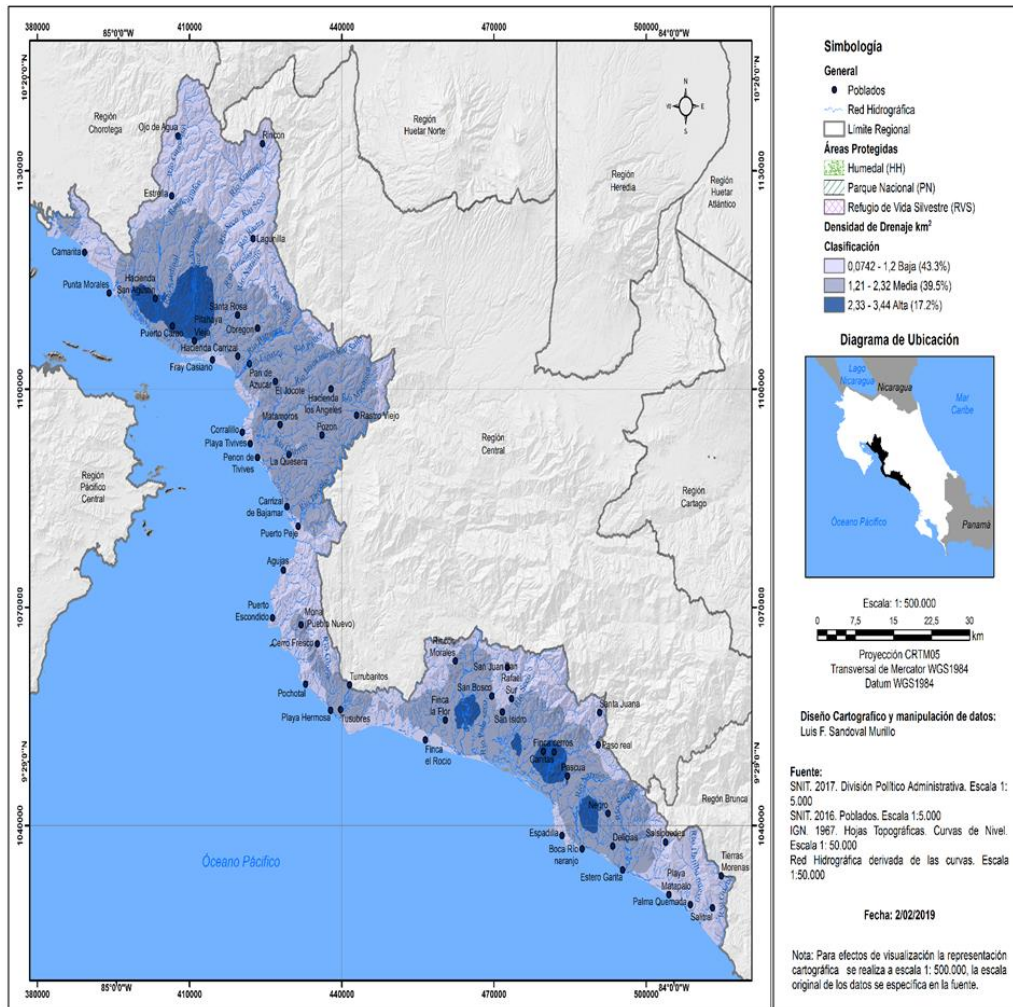
**Cuadro 5.** Pacífico Central: Longitud de la red de drenaje según densidad por km<sup>2</sup>

Tipo de drenaje	Rango de densidad	longitud km	Catégoria 0.074 – 1.195
Canal	Densidad 0.074 – 1.195	1.04	1
Estanques		2.95	1
Esteros		42.61	19
Lagunas		4.24	5
Otros		444.51	11
Quebradas		410.44	194
Rios		373.27	63
<b>Total</b>			1279.07
Tipo de drenaje	Rango de densidad	longitud km	Catégoria 1.196 – 1.861
Canal	Densidad 1.196 – 1.861	12.66	2
Estanques		3.76	1
Esteros		113.21	32
Lagunas		15.84	5
Otros		606.48	8
Quebradas		480.90	193
Rios		529.69	59
<b>Total</b>			1762.54
Tipo de drenaje	Rango de densidad	longitud km	Catégoria 1,862 - 3,053
Canal	Densidad 1,862 - 3,053	64.55	3
Estanques		8.35	1
Esteros		42.30	13
Lagunas		46.43	9
Otros		503.19	5
Quebradas		167.82	68
Rios		306.28	31
<b>Total</b>			1138.92

**Fuente:** Elaborado a partir de la red de drenaje derivada de las curvas de nivel a escala1: 50.000



**Figura 2.** Densidad de la red de drenaje por km<sup>2</sup>, Pacífico Central.



**Fuente:** Elaboración propia

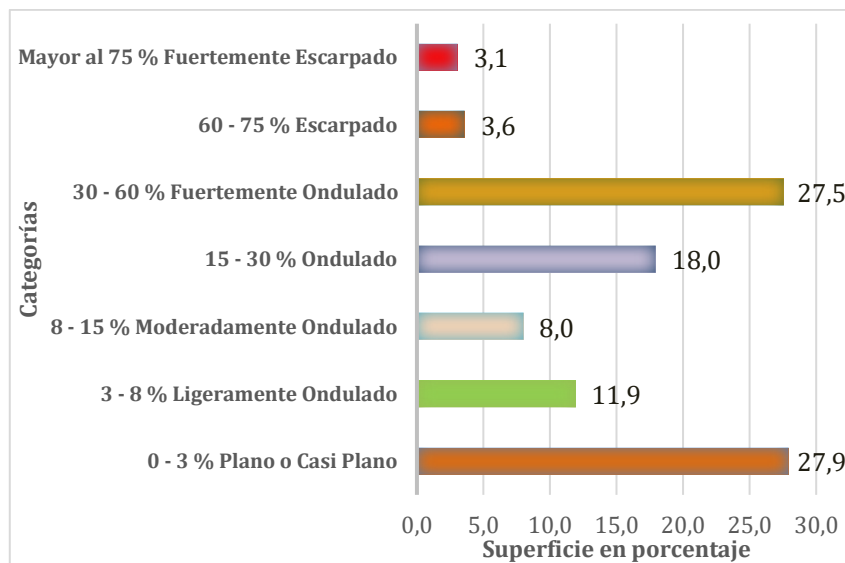
### **Distribución del cocodrilo según las características de la topografía y las áreas de influencia a inundaciones**

Otra variable que caracteriza el hábitat del cocodrilo, se interrelacionada con factores como la altitud y las áreas propensas a inundación, durante periodos extensos de lluvia en los sectores más planos constituyendo condiciones adecuadas para la presencia y desplazamiento de la especie durante periodos prolongados de precipitaciones. Como lo menciona García (2017), durante las lluvias, la cantidad de agua en los ríos se incrementa, por lo que los espacios ocupados por el desarrollo de la ganadería, agricultura y viviendas son afectados por inundaciones, condiciones que generan una mayor posibilidad de desplazamientos del cocodrilo a espacios ocupados temporalmente por el agua generando encuentros directos con la población. Como la generada el 16 de setiembre del 2016, donde se presentaron inundaciones en la comunidad de Chacharita Puntarenas y de acuerdo al reporte realizado a la línea del 911 preocupa ya que el estero está lleno y hay presencias de cocodrilos.

Las características anteriores se presentan en el Pacífico Central, por el predominio de pendientes 0 – 15% (Plano o casi plano a moderadamente ondulado, mapa 3) comprendiendo un 47.8 % de la región, por sus condiciones físicas son áreas óptimas para el desarrollo de actividades antrópicas lo que incrementa la concentración y expansión de actividades humanas. Sin embargo, por sus características geomorfológicas presentan una relación directa con zonas susceptibles a inundación, asociadas a grandes precipitaciones, funcionando como medio de desplazamiento para los cocodrilos (Larriera, Piña y Dacey, 2008), principalmente en las cercanías del río Lagarto, Guacimal, Sardinal, Aranjuez, Ciruelas, Naranjo, San Miguel, Barranca, Jesús María, Machuca, Grande de Tárcoles, Tarcolitos, Agujas, Tusubres, Tulin, Pirris, Palo Seco, Seco, Sucio y Quebrada Esperanza, Palo, Trinidad, Bejuco, Buena Vista y San Julián, cauces asociados a áreas de inundación según la delimitación espacial de la CNE (2003).

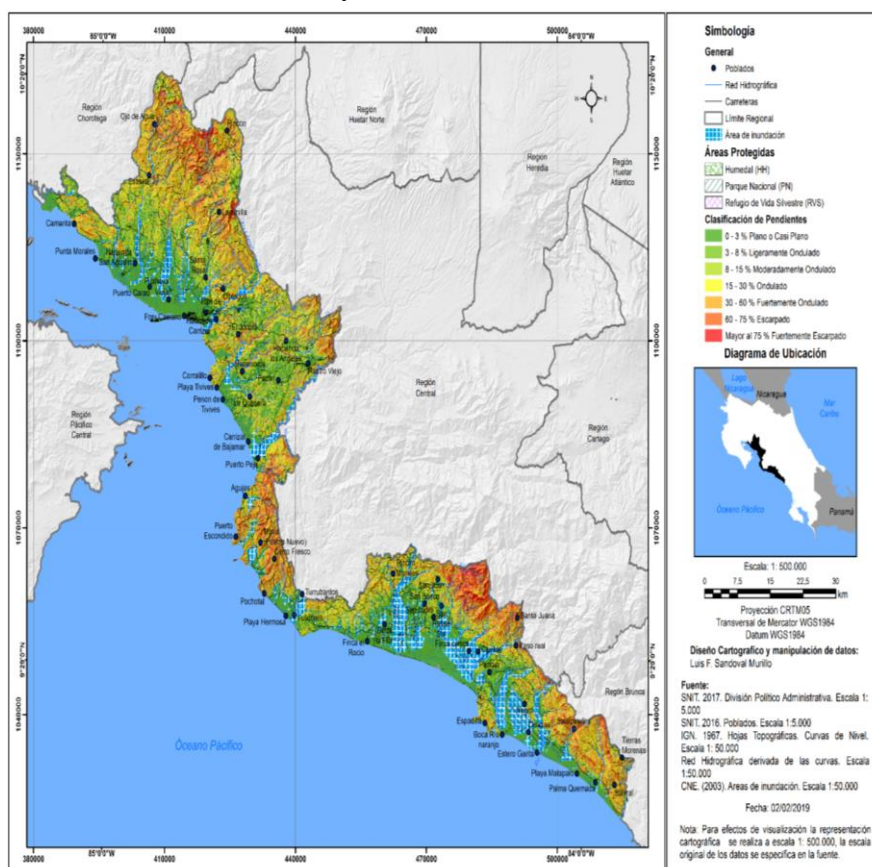
Las áreas con pendientes mayores al 15% abarcan un 51,7% (Gráfico 2 y Mapa 3) del área, por sus condiciones físicas presenta fuertes limitaciones de uso del suelo por la ondulación de la superficie. En estos sectores se recomienda usos de cobertura vegetal semi-permanente y permanente, donde el riesgo de inundación es leve a nulo por las elevaciones de la topografía constituyendo áreas poco viables para la presencia del cocodrilo. La segregación de la topografía descrita, presenta una alta concordancia con la clasificación del relieve establecida por MIDEPLAN (2014), donde la topografía de la región se caracteriza por la presencia de pendientes moderadas a fuertemente onduladas, estableciendo tres tipos de zonas baja, media y alta. La primera comprende elevaciones menores a los 240 msnm con la presencia de suelos de origen aluvial siendo la de mayor presencia en la región, condiciones óptimas para la presencia del cocodrilo, entornos similares para la zona media la cual catalogan entre los 240 y los 700 msnm, la parte alta comprante elevaciones superiores a los 700 msnm donde es inusual la presencia del cocodrilo por la representación de pendientes pronunciadas, (Chaves y Mahmood 1991) (mapa 4).

**Gráfico 2.** Pacífico Central: Clasificación de Pendiente en porcentaje.

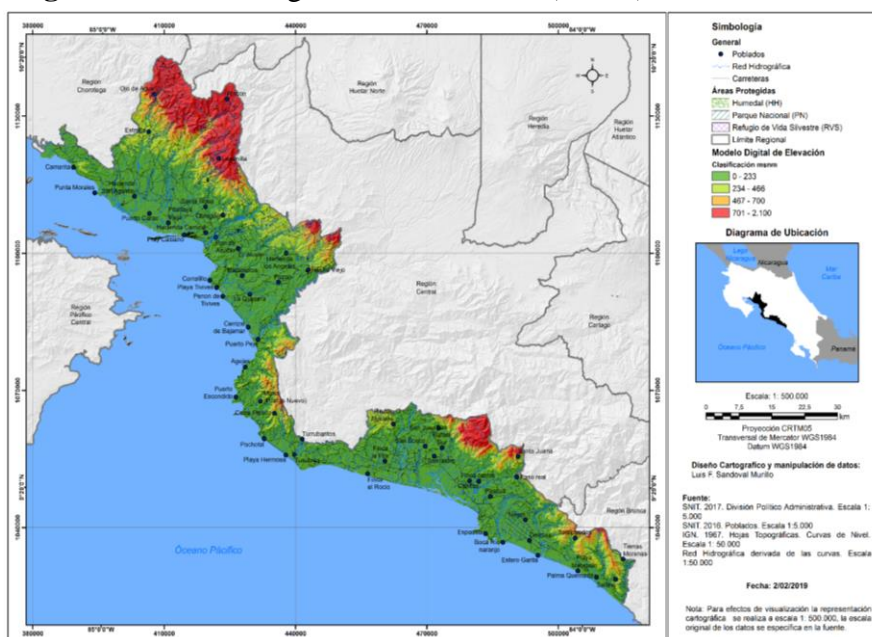


**Fuente:** Elaborado a partir de las curvas de nivel de las hojas topográficas a escala 1:50.000

**Figura 3. Clasificación de Pendientes y Áreas de Influencia a Inundaciones, Pacífico Central.**



**Figura 4. Modelo Digital de elevaciones (msnm), Pacífico Central.**

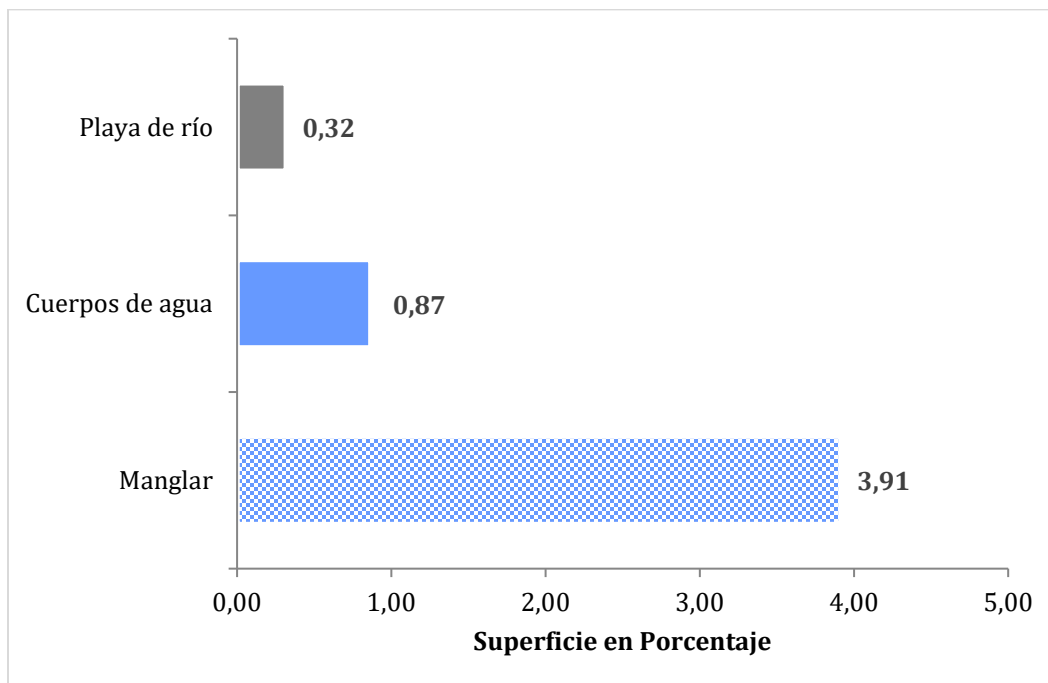


**Fuente: Elaboración propia .**

### Distribución del cocodrilo de acuerdo con el uso de la tierra

La cobertura de uso de la tierra como los manglares, ríos anchos y los cuerpos de agua, constituyen aspectos importantes en la determinación del hábitat potencial del cocodrilo, usos que representan un 5.10 % de la superficie total de la Región Pacífico Central, conformados por manglares con un 3.91%, cuerpos de agua 0.87% y playones de río con un 0.32%, gráfico 3, mapa 5. Destacando sectores de ríos como; Lagarto, Sardinal, Tusubres, Pirris y Esteros como Cantón, Tendal, Morales, Marta Sanchez, Ombligo, Loros, Ceibo, Guacalillo, Los Diegos, Roto, 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), estos habitan los manglares del Pacífico y los ríos que los irradian, ingresa tierra adentro por los cauces de los ríos más caudalosos y anchos y su frecuencia aumenta conforme se pasa el umbral que marca el inicio del manglar.

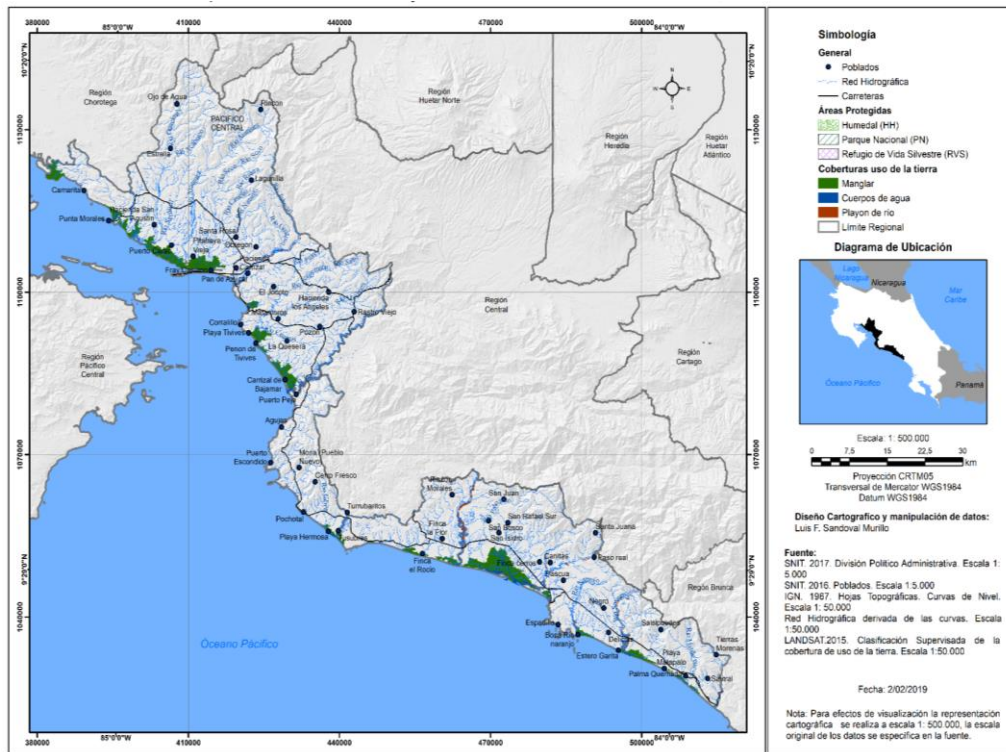
**Gráfico 3.** Pacífico Central: Hábitat del cocodrilo en relación al tipo de cobertura de uso de la tierra (Porcentaje).



**Fuente:** Elaborado a partir de la clasificación de imágenes RapidEye año 2012.



**Figura 5.** Distribución del *Crocodylus acutus* de acuerdo con el uso de la tierra, Pacífico Central.



**Fuente:** Elaboración propia.

### Hábitats Potencial de *Crocodylus acutus*

La identificación de las variables descritas en los puntos anteriores permitió la determinación del hábitat potencial de esta especie en la Región Pacífico Central como muestran mapa 6, donde las áreas identificadas con las condiciones óptimas para la presencia del cocodrilo, concuerda con los casos atendidos por el cuerpo de bomberos y los incidentes registrados por Worldwide Crocodylian Attack Database (CrocBITE), observaciones que permitieron validar la delimitación espacial realizada, (mapa 6).

Además, Sandoval, Morera y Sandoval (en prensa a) describen que las condiciones del hábitat potencial alto representan el 21.5% de la superficie en el Pacífico Central, se asocia a la presencia de cuerpos de agua, una alta densidad de la red de drenaje y la presencia de manglares, esteros, en altitudes menores a los 240 msnm. Además, las áreas identificadas como óptimas para la especie presentan áreas propensas a inundación en los ríos Pirris, Jesús María, Aranjuez, Guácimal, Tarcoles, Tusubres, Palo seco y en quebradas como Trinidad, Negros, Mona y Palo, estas condiciones propician la posibilidad de una alta presencia del cocodrilo, al presentar una alta relación de las variables óptimas características de su hábitat, (cuadro 6 y mapa 6).

En relación al hábitat potencial medio y bajo, el estudio realizado por Sandoval, Morera y Sandoval (en prensa b), evidenció que las áreas catalogadas como de potencial medio ocupan un 42.5% de la región, donde prevalece una densidad de ríos por km<sup>2</sup> entre 1.196 – 1.86, coberturas

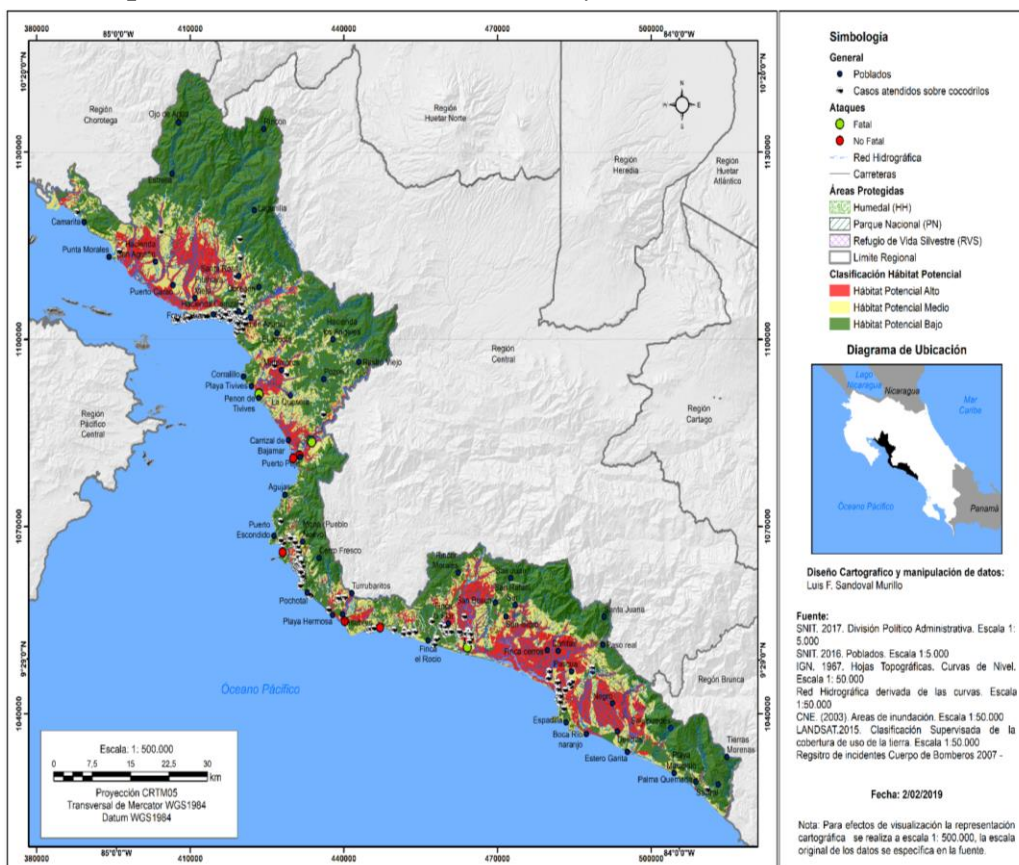
de uso de la tierra asociados a pasto y bosque en pendientes moderadas, cuerpos de agua, cultivos en altitudes entre 234 – 466 msnm, mapa 6. Condiciones poco viables para la presencia del *Crocodylus acutus*, al no presentar las características necesarias para su hábitat. Por otra parte, el hábitat potencial bajo no reúne las condiciones óptimas para la presencia de esta especie al presentar una insuficiente densidad de la red de drenaje por km<sup>2</sup> (0.074 – 1.195), nula presencia de cuerpos de agua, manglares y altitudes superiores a los 467 msnm. Abarcando una superficie de un 36% en la Región.

**Cuadro 6.** Región Pacífico Central. Clasificación del hábitat potencial y superficie.

Clasificación del hábitat	Superficie	
	Ha	Porcentaje
Hábitat Potencial Alto	59484,0	21,5
Hábitat Potencial Bajo	117781,4	42,5
Hábitat Potencial Medio	99658,0	36,0

**Fuente:** Elaboración propia.

**Mapa 6.** Hábitats Potencial del *Crocodylus acutus*, Pacífico Central.



**Fuente:** Tomado y modificado de Sandoval, Morera y Sandoval (en prensa).

## CONCLUSIONES

Al incorporar en el análisis espacial las variables de la altitud menor a los 700 msnm, la presencia de áreas de manglar, de ríos caudalosos y anchos, y playones, así como de áreas de inundación, fue posible establecer e identificar la localización espacial del hábitat potencial del *Crocodylus acutus* en el Pacífico Central. Delimitación que debe estar acompañada de una serie de acciones y políticas promovidas por el ordenamiento territorial en el Pacífico Central, misma que constituya un insumo importante que garantiza la protección del hábitat potencial del *Crocodylus acutus* y reducción de ataques, por lo que a futuro es fundamental incrementar actividades de planificación y ordenamiento territorial a nivel local, con el fin de hacer uso racional de los áreas identificadas con un alto potencial para la presencia del cocodrilo para reducir la interacción con el ser humano.

Los incidentes generados en el Pacífico Central, atendidos por el cuerpo de bomberos y los registros de Worldwide Crocodilian Attack Database (CrocBITE), permitieron la validación de la delimitación espacial del hábitat de la especie. Donde la atención prevalece en las áreas catalogadas como de alta posibilidad para la presencia del cocodrilo destacando sectores como ríos Pirris, Jesús María, Aranjuez, Guácimal, Tarcoles, Tusubres, Palo seco, Tárcoles y en quebradas como Trinidad, Negros, Mona y Palo.

La aplicación de los SIG en la delimitación del hábitat potencial especies, evidencia la importancia y el aporte de este tipo de tecnología y su aplicabilidad en diferentes campos y disciplinas, contribuyendo a la conservación de especies, comunidades y ecosistemas donde es imprescindible el conocimiento de su localización y distribución espacial.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, B. (2005). *La conservación de los cocodrilos en América y el Caribe*. En: Reunión Regional de América Latina y el Caribe del Grupo de Especialistas en Cocodrilos (CSG/SSC/IUCN) 17 al 20 de MAYO 2005, Santa Fe, Argentina.

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.

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. (1993). *Manejo sostenido del cocodrilo y del caimán*. San José, Costa Rica.

Bolaños, J; Sánchez, J; Piedra, L. (1995). *Inventario y estructura poblacional de crocodílidos en tres zonas de Costa Rica*. Laboratorio de Manglares, Área de Ecología y Manejo de Recursos Costeros, Rev. Biol Trop., 44(3)/45(1): 283-287, 1996-1997. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Carvajal, R; Saavedra, M; Alava, J. (2005). Population ecology, distribution and habitat assessment of *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) in the “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” of the Guayaquil Gulf Estuary, Ecuador. *Revista de biología marina y oceanografía*, 40(2), 133-140. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572005000200007>

Chaves, G y Mahmood, S (1991). *Tamaño, estructura y distribución de una población de Crocodylus acutus (Crocodylia:Crocodilidae) en Costa Rica*. Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

COMACROM (1999). *Proyecto conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los crocodylia en México*. México.

CrocoWorld (2015). Hábitat y Distribución de los Cocodrilos. <http://www.crocoworld.com/es/habitat-y-distribucion-de-los-cocodrilos/>

Delfín, C.,; Gallina, S., y López C. (2009). *Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México*. *Tropical Conservation Science* Vol.2 (2):215-228.

Fierro, J. (2010). *Análisis estadístico univariado, bivariado y variables control*. Universidad de Chile. Chile.

García, G. (2013). *El conflicto hombre-cocodrilo en México: causas e implicaciones* *Interciencia* [en línea]: [Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2016] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33929617010>> ISSN 0378-1844

Martínez, M. (2015). *Ecosistemas*. Unidad II. Universidad Nacional de San Luis. Argentina.

MIDEPLAN (2014). *Región Pacífico Central plan de desarrollo 2030*. San José, Costa Rica.

Fontana, Y y Solis, S. (2016). Ordenamiento del espacio y del producto turístico: el caso de Costa Rica. EUNED. San José. Costa Rica.

Forman, R. y Godron, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *American Institute of Biological Sciences*No. 31(10), 733-740. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016 en la web:

<ftp://mymontanalibrary.org/Maxell/Beaver/Forman,%20R.T.T.%20and%20M.%20Godron.%20%201981.%20%20Patches%20and%20structural%20components%20for%20a%20landscape%20ecology.%20%20BioScience.pdf>

Motte, M. (1994). *Abundancia, distribución e impacto de predación del cocodrilo (Crocodylus acutus) sobre el ganado vacuno en las fincas aledañas al río Grande de Tárcoles, Costa Rica*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Costa Rica. 94 p.

Savage, J. (2002). *The Amphibians and reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna between two Continents, between two seas*.



Sandoval; L, Morera; C y Sandoval; I. (En prensa). *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.*

Submitted, T., Fulfillment, P., & Kong, H. (2010). Application of Urban Climatic Map to Urban Planning of High Density Cities - A Case Study of Hong Kong.

Troll, C. (2010). *Ecología del paisaje. Clásicos del medio ambiente.* Investigación ambiental.

© Luis F. Sandoval Murillo; Carlos Morera Beita e Iván Sandoval Hernández.

Sandoval Murillo, L.; Morera Beita, C.; Sandoval Hernández, 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)***. 12(17) Sección I: 1-17

On-line: [www.revistageosig.wixsite.com/geosig](http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig)

Recibido: 6 de abril de 2019

Aceptado: 12 de agosto de 2019