



**Universidad Autónoma del Estado de México**

**Facultad de Ciencias**



**“Zonas potenciales de anidación de  
*Crocodylus acutus* en México”**

**Tesis que para obtener el título de**

**Biólogo**

**P r e s e n t a:**

**Víctor Hugo Muñoz Mora**

**Directora de tesis: Dra. Martha Mariela Zarco González**

**Codirector de tesis: Dr. Octavio Monroy Vilchis**

**Toluca, Estado de México, 2016.**

“El conocimiento es poder. La información es libertad. La educación es  
la premisa del progreso...”

-Kofi Annan

## Agradecimientos

...

## Índice.

Listado de figuras.....	4
Listado de cuadros.....	5
Introducción.....	6
Antecedentes.....	11
Objetivo.....	12
Método.....	13
Resultados.....	19
Discusión.....	28
Conclusión.....	35
Bibliografía.....	36

## Listado de figuras

Figura 1: Área de estudio.

Figura 2: Registros bibliográficos de nidos de *Crocodylus acutus* dentro de la zona de estudio en México.

Figura 3: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona noroeste.

Figura 4: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona de Guerrero.

Figura 5: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona de Oaxaca.

Figura 6: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona de Chiapas.

Figura 7: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona Golfo de México.

Figura 8: Áreas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* zona península de Yucatán.

**Listado de cuadros.**

Cuadro 1: Variables para la generación de los modelos de zonas potenciales de anidación.

Cuadro 2: Valor del AUC interno y externo de cada algoritmo utilizado para el consenso.

Cuadro 3: Porcentaje de contribución de cada variable al modelo en base a maxent.

## Introducción

Los crocodílidos son considerados como un grupo clave ecológicamente hablando debido a su efecto positivo sobre el ambiente, ya que por su actividad mantienen la estructura y función de los ecosistemas fluviales, controlan las poblaciones de algunas especies de peces, reciclan nutrientes y mantienen la humedad durante las épocas de sequía en áreas específicas de ríos y canales donde construyen refugios (Meffe y Carroll, 1994; Ross, 1998). Son los mayores depredadores en su hábitat al llegar a la edad adulta, sin embargo, su sobrevivencia está siendo amenazada tanto por factores ambientales como por disturbios antrópicos, siendo estos últimos los que han ocasionado la destrucción y pérdida de su hábitat (Thorbjarnarson *et al.*, 2006). Por otro lado, los cocodrilos son considerados por algunas personas especies perjudiciales para el hombre, lo que en muchos casos favorece su cacería (Álvarez del Toro y Sigler, 2001).

En la actualidad se reconocen 25 especies de crocodílidos en el mundo. De estas especies, 14 pertenecen a la familia Crocodylidae (conocidos como cocodrilos), 10 a la familia Alligatoridae (conocidos como caimanes) y una a la familia Gavialidae (conocidos como gaviales) (Uetz, 1996). En el Continente Americano y en El Caribe existen 11 representantes de las familias Alligatoridae y Crocodylidae. Concretamente en México habitan tres especies: una especie de caimán, *Caiman crocodilus* y dos de cocodrilos, *Crocodylus moreletii* y *Crocodylus acutus* (Sigler, 2002).

*Crocodylus acutus* (cocodrilo americano) es una especie de tamaño importante alcanzando longitudes de cinco a seis metros, aunque es raro encontrar

individuos de más de cuatro metros (Thorbjarnarson, 1989). Es el de mayor distribución de los cocodrilos del Nuevo Mundo presentándose desde el extremo sur de Florida, a lo largo de la costa del Atlántico y del Pacífico sur de México, América Central y el norte de América del Sur, así como en las islas caribeñas de Cuba, Jamaica y La Española (Thorbjarnarson, 2010). En México está presente principalmente a lo largo de la costa del Pacífico, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; aunque también existen poblaciones en la costa del Golfo de México y la península de Yucatán, en los estados de Veracruz, Yucatán y Quintana Roo. Está presente en humedales, ríos caudalosos, lagos y lagunas profundas y posiblemente se le puede encontrar tanto en pantanos, aguas salobres y saladas, como en lagunas costeras, esteros, marismas, canales, manglares e incluso en las costas y mar abierto (CONACROM, 2000). Esta especie ha sido poco estudiada en comparación con *C. moreletii* ya que esta segunda ha sido más explotada con fines comerciales y su reproducción *ex situ*, ecología y manejo están ampliamente descritas (Casas-Andreu, 2003); por esta razón el presente estudio se centra en *C. acutus*.

*Crocodylus acutus* aparece en el apéndice I de la Convención Internacional de Comercio de Especies Silvestres de Flora y Fauna (CITES) y es considerado vulnerable por la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Ponce-Campos *et al.*, 2012). Además es una especie sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 en México.

A pesar de las iniciativas legales para su protección sumado a las acciones realizadas por las “Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre” (UMAs) y de la veda para su explotación decretada en 1970, no se ha podido frenar

la disminución de sus poblaciones y posible eliminación del medio natural, ya que, se trafica con su piel y se le captura por ser atractivo como elemento ornamental o mascota (SEMARNAT, 2010). Además de ésta problemática, los cocodrilos tiene un bajo éxito reproductivo, vinculado con la posible infertilidad de los huevos, la depredación, las temperaturas extremas, los huracanes que provocan inundación y pérdida de nidos, las condiciones de humedad y la erosión de las zonas de anidación, que son factores adversos que afectan el éxito de anidación y de eclosión (Mazzotti, 1999).

Otros factores que ponen en riesgo a la especie son la fragmentación y destrucción de su hábitat y la perturbación de las áreas de anidación por parte del ser humano, ya que se sabe que existe cierta fidelidad de las hembras por los sitios de anidación, y se ha observado que cuando el sitio sufre algún disturbio éstas lo abandonan (Casas-Andreu, 2003). *Crocodylus acutus* puede construir nidos tipo montículo o tipo hueco, siendo este último el más común (Casas-Andreu, 2003). Esta especie puede también anidar de manera gregaria, como se observó en Jalisco y Cuba (Alonso-Tabet *et al.*, 2000; Valtierra-Azotla, 2007), donde las hembras seleccionan áreas elevadas, protegidas del viento y mareas, para evitar el riesgo de inundación, incrementando el éxito de la eclosión.

La etapa de anidación es la más vulnerable para ésta especie en su ciclo de vida, por lo cual es primordial protegerla en esta fase crítica, en este sentido, en principio es necesario identificar donde se encuentran los sitios de anidación, pues pocas han sido las zonas propicias para ello que se han registrado a lo largo de la distribución de *Crocodylus acutus* (Cedeño-Vázquez *et al.*, 2006).

De esta manera, es evidente la importancia que tiene la protección de las áreas de anidación del cocodrilo americano, el conocimiento sobre éstas contribuirá para definir el tipo de manejo que se debe de implementar en poblaciones determinadas para poder conservar a la especie, siendo así más probable la permanencia de ésta es su hábitat. Estas medidas se justifican de manera amplia en diferentes campos de interés social relacionados con la ecología, economía, cultura e investigación científica (SEMARNAT, 2010).

El surgimiento de nuevas técnicas estadísticas, herramientas SIG (sistemas de información geográfica) y el desarrollo de modelos de distribución de hábitat han aumentado rápidamente en el campo de los estudios ecológicos. También una amplia gama de modelos han sido desarrollados para cubrir aspectos como la biogeografía, biología de la conservación, paleoecología, estudios sobre el cambio climático y de hábitat o el manejo de las especies (Araújo y Guisan, 2006).

Los modelos de nicho ecológico son herramientas que brindan una posibilidad de identificar las áreas de anidación de *C. acutus*. Estos se basan en relaciones entre los factores ambientales y la distribución de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000).

Estas herramientas son de gran ayuda al trabajar a gran escala o con varias especies contemporáneamente, reducen el costo y tiempo de investigación además de que pueden representar la base para posteriores estudios a menor escala. Algunas de las aplicaciones de los modelos son, hacer planificación de áreas naturales protegidas, manejo de especies invasoras o programas de reintroducción, evaluar el cambio de uso de suelo y el cambio en la distribución de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000).

## **Antecedentes.**

La anidación es uno de los periodos del ciclo reproductivo de los cocodrilos que tiene mayor impacto sobre la sobrevivencia de la especie como lo resaltan estudios sobre reproducción y anidación de *C. acutus* en Florida (Mazzotti, 1999), Belice (Platt y Thorbjarnarson, 2000), Cuba (Alonso-Tabet *et al.*, 2000), República Dominicana (Schubert y Méndez, 2000).

Algunos estudios enfatizan la importancia de las características del sitio de anidación, ya que las mismas pueden afectar el éxito de eclosión (Doody *et al.*, 2006). Se ha encontrado que diferencias en tipo de suelo, material vegetal utilizado para la construcción del nido, distancia al agua, altura sobre el agua, pH, humedad del suelo y cobertura del dosel, tienen efecto sobre la temperatura de incubación, el éxito de eclosión, la proporción sexual, y la supervivencia de las crías (Casas-Andreu, 2003).

En México de manera particular se han realizado estudios en el estero Boca Negra (Cupul-Magaña *et al.*, 2004), en el río Cuitzmala (Casas-Andreu, 2003), en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (Valtierra-Azotla, 2007) en Jalisco y en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro, en Quintana Roo (Charruau, 2012); encontrando que variables como la distancia al agua, la altura sobre el agua, el sustrato y el porcentaje de cobertura arbórea son variables importantes para las zonas de anidación. En cuanto a la fidelidad de las hembras por el sitio de anidación, Casas Andreu (2003) observó que una parte de ellas regresa a los sitios de anidación de años anteriores y otras tienen plasticidad para cambiar a diferentes sitios de anidación; con esto pueden volver a lugares donde existe alto éxito de eclosión pero también pueden explorar nuevas áreas favorables para la anidación.

Cedillo-Leal y colaboradores (2013) describieron los aspectos ecológicos de la anidación de *Crocodylus acutus* en dos localidades de la costa oaxaqueña. En sus resultados muestran que en una de las localidades los nidos se distribuyeron en dos zonas gregarias, mientras que en la segunda localidad se registraron tres sitios de anidación aislados.

### **Objetivo**

Identificar las zonas potenciales para la anidación de *Crocodylus acutus* en México, a través de modelos de nicho ecológico.

### **Método**

El área de estudio (Fig. 1) comprende los estados de la República Mexicana que abarca la distribución considerada actualmente para la especie: Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo (CONACROM, 2000), además de los estados de Tabasco y Campeche que forman parte de su distribución histórica (Álvarez del Toro, 1974); ya que, de lo contrario, se vería fragmentada el área de estudio. El área tiene una extensión de 623,785.57 km<sup>2</sup>, donde el rango altitudinal va de 0 a 2500 msnm, los climas predominantes son cálido subhúmedo, tropical subhúmedo y tropical húmedo, los tipos de vegetación principales son las selvas baja y alta caducifolias y baja y alta perennifolias (Espinosa *et al.*, 2008).

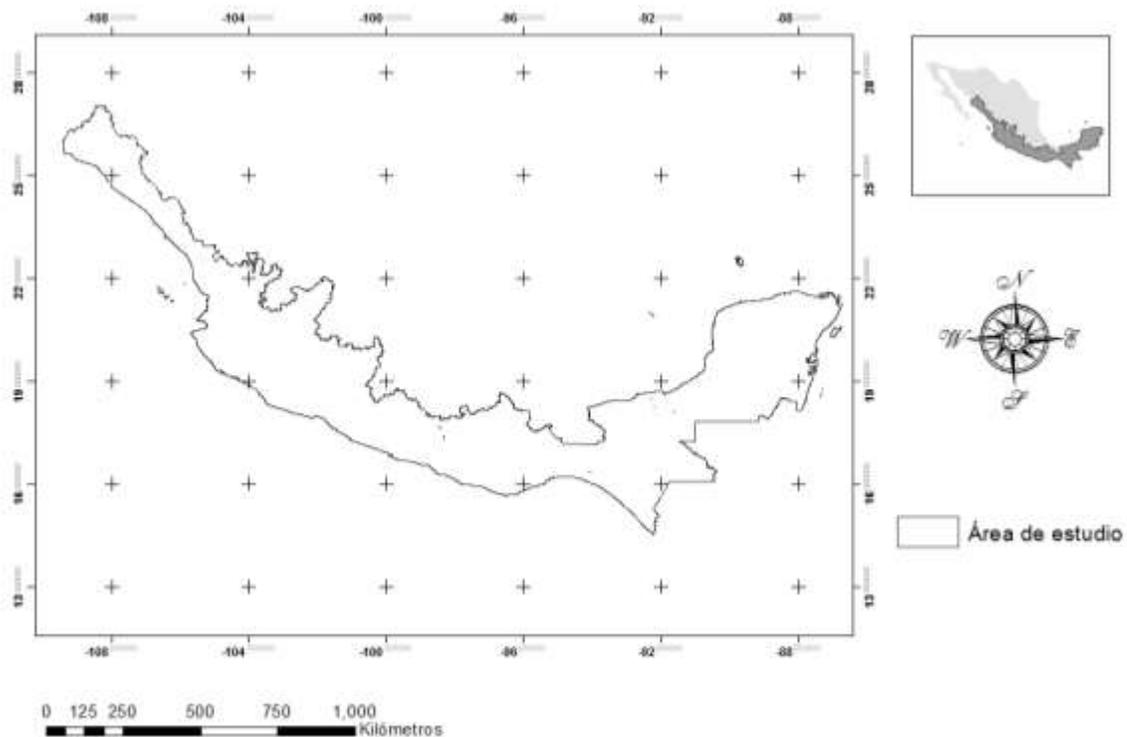


Figura 1. Área de estudio para la identificación de las zonas potenciales de anidación de *Crocodylus acutus* en México.

Se revisó literatura científica (artículos y tesis) referente a la anidación, reproducción, distribución, uso de hábitat, ecología y conservación de la especie *C.*

*acutus*, con el fin de identificar las variables que pudieran ser utilizadas para caracterizar las zonas de anidación (cuadro 1). Posteriormente se descargaron las variables de diferentes fuentes. Se juntaron las capas de humedales y manglares con el fin de que no estuvieran correlacionadas. La temperatura máxima y mínima de la época de anidación (de marzo a junio) se definió en base a la temperatura mínima más baja y la temperatura máxima más alta de los meses de anidación, estas fueron la temperatura mínima de marzo y la máxima de mayo. La variable orientación es de tipo topográfica, se puede definir como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto. Como en el caso de la pendiente, el valor de orientación se estima directamente a partir de los valores del gradiente.

Cuadro 1. Variables consideradas para la generación de los modelos de zonas potenciales de anidación de *C. acutus*.

Variable	Escala	Fuente (año)
Altitud	1:1 000 000	USGS (2007)
Orientación	1:1 000 000	USGS (2007)
Pendiente	1:1 000 000	USGS (Giri <i>et al.</i> , 2011)
Distancia a cuerpos de agua	1:250 000	INEGI (2004)
Distancia a humedales-manglares	1:1 000 000	USGS (Giri <i>et al.</i> , 2011)

Distancia a ríos	1:250 000	INEGI (2004)
distancia a pantanos	1:250 000	INEGI (2004)
Distancia a terreno sujeto a inundación	1:250 000	INEGI (2004)
Distancia a vegetación densa	1:250 000	INEGI (2004)
Densidad poblacional humana	1:1 000 000	Center for international Earth science information network (2010)
Temperatura máxima de la época de anidación	1:1 000 000	WorldClim-Global Climate Data (Hijimans <i>et al.</i> , 2005)
Temperatura mínima de la época de anidación	1:1 000 000	WorldClim-Global Climate Data (Hijimans <i>et al.</i> , 2005)
Textura del suelo (arenosa, media y gruesa)	1:250 000	INEGI (2004)

Las variables se procesaron a una resolución de 500 m, se unificaron en los programas ArcMap 10.0 (ESRI, 2010) e IDRISI Selva (ClarkLabs, 2012), para que

tuvieran la misma resolución, coordenadas y extensión, por último se verificó que no existiera correlación entre las variables en la plataforma BioMapper4 (Hirzel *et al.*, 2009).

Se usaron registros de nidos del Área de Protección de Flora y Fauna Yum-Balam así como de Isla Cozumel en Quintana Roo (Charruau *et al.*, 2010), estero Boca Negra (Cupul-Magaña *et al.*, 2002) y Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, desembocadura del río Cuixmala en Jalisco (Casas-Andreu, 2003); La Tovara en Nayarit (Hernández-Hurtado *et al.*, 2011); el estero la Ventanilla y la laguna de Palmasola en Oaxaca (Cedillo-Leal *et al.*, 2013) y Reserva de la Biósfera La Encrucijada en Chiapas (González-Desales, 2015). El total de registros se dividió en dos grupos: 75% para calibrar y 25% para validar los modelos (Guisan y Zimmermann, 2000).

Se utilizaron las plataformas openModeller que contiene los algoritmos Artificial Neural Networks (ANNs; Hilbert *et al.*, 2001) que se compone de varios elementos de procesamiento (neuronas artificiales) que están interconectados formando una red (Franklin, 2009). Las redes neuronales pueden identificar las respuestas no lineales a variables ambientales, así como la incorporación de múltiples tipos de variables, incluyendo cualitativas y cuantitativas. Una desventaja de este método es que no identifica la contribución relativa de las diferentes variables (Gevrey *et al.*, 2003).

Environmental Distance (ED), define el área de idoneidad en el espacio ambiental de cada registro de la especie. Los medios geométricos o la distancia de cada registro al resto de ellos se calculan, de esta manera, una alta densidad de

registros en el espacio ambiental implica una alta idoneidad de hábitat (Hirzel y Arlettaz, 2003).

Genetic Algorithm for Rule-Set Production (GARP; Stockwell y Peters, 1999) que implementa un método de conjunto que genera un grupo de reglas de predicción basándose en varios tipos diferentes de modelos, posteriormente utiliza un algoritmo genético para seleccionar entre ellos y desarrollar una regla final para hacer predicciones (Franklin, 2009).

Support Vector Machines (SVM; Platt, 1998), esta versión a una clase estima la contribución de la distribución estadística de las variables predictoras donde está presente la especie (clase). Las SVM de una sola clase han sido consideradas como particularmente eficaces para la observación de especies con datos de sólo presencia (Drake *et al.*, 2006). Se sugirió por Drake *et al.* (2006) que, debido a que SVM de una clase estiman el apoyo de una distribución basada en observaciones de solo presencia, su interpretación es coherente con el concepto del nicho de especies como una porción del hiperespacio ambiental.

BioMapper4 (Hirzel *et al.*, 2009) que contiene el algoritmo Environmental Niche Factor Analysis (ENFA; Hirzel *et al.*, 2004) este análisis se basa en una descripción multivariable de los lugares de ocurrencia de las especies, estima el nicho de las especies basándose en la magnitud de la diferencia entre la media del perfil medioambiental que ocupa la especie y el perfil de las condiciones ambientales observadas (Franklin, 2009).

Maximum Entropy (MaxEnt; Phillips *et al.*, 2006) en su propia plataforma, la máxima entropía es un principio estadístico que indica que una distribución de

probabilidad lo más cercana a lo uniforme, es la mejor aproximación de una distribución desconocida porque está de acuerdo con todo lo que es conocido pero evita asumir nada que no se conoce (Phillips *et al.*, 2006). Este método ha demostrado una mayor precisión predictiva que muchos otros métodos cuando se aplica a datos de solo presencia (Franklin, 2009).

Se midió el rendimiento de cada algoritmo a través del área bajo la curva (Area Under the Curve, AUC) en el módulo ROC (Receiver Operating Characteristic) de IDRISI (Fielding y Bell, 1997; Phillips *et al.*, 2006) calculando el valor interno y el externo para cada algoritmo, el AUC externo se utilizó para elegir los modelos para la realización del consenso y el interno para hacer la fórmula del consenso. Para este trabajo consideramos los algoritmos con AUC arriba de 0.9 para realizar el consenso; valores por debajo de 0.7 se consideraron de bajo rendimiento, 0.7 a 0.9 de rendimiento moderado y arriba de 0.9 de alto rendimiento (Manel *et al.*, 2001).

Entre los algoritmos por lo general, hay diferencia en las predicciones obtenidas, por esta razón se utilizó el método de consenso que reduce la incertidumbre en la predicción tomando en cuenta los resultados de varios algoritmos (Anderson *et al.* 2003). Se utilizó la media ponderada como método de consenso (Marmion *et al.*, 2009), para obtener una estimación más precisa de las zonas potenciales de anidación. El modelo de consenso es un mapa con valores de probabilidad de 0 a 100, fue reclasificado para obtener un mapa binario con áreas de baja y alta idoneidad para la anidación de *C. acutus*. Para esta reclasificación se utilizó como umbral de corte el 50 % (Abade *et al.*, 2014). También se evaluó el rendimiento del modelo de consenso en el módulo ROC de IDRISI con el área bajo la curva (Manel *et al.*, 2001).

Cuando se obtuvo el mapa final de consenso se importó a Google Earth para poder contrastar las áreas potenciales de anidación con imágenes satelitales y poder describirlas.

## Resultados

Se obtuvieron 127 registros de nidos (Fig. 2), 89 se utilizaron para calibrar y 38 para validar los modelos. Se eligieron 6 modelos de los 10 utilizados para el consenso: los modelos resultantes de los algoritmos elegidos fueron SVM, ENFA, ED, maxent, GARP y ANN en base al AUC obtenido en el módulo ROC de IDRISI (Cuadro 2). El AUC interno del consenso fue de 0.995 y el externo de 0.989.

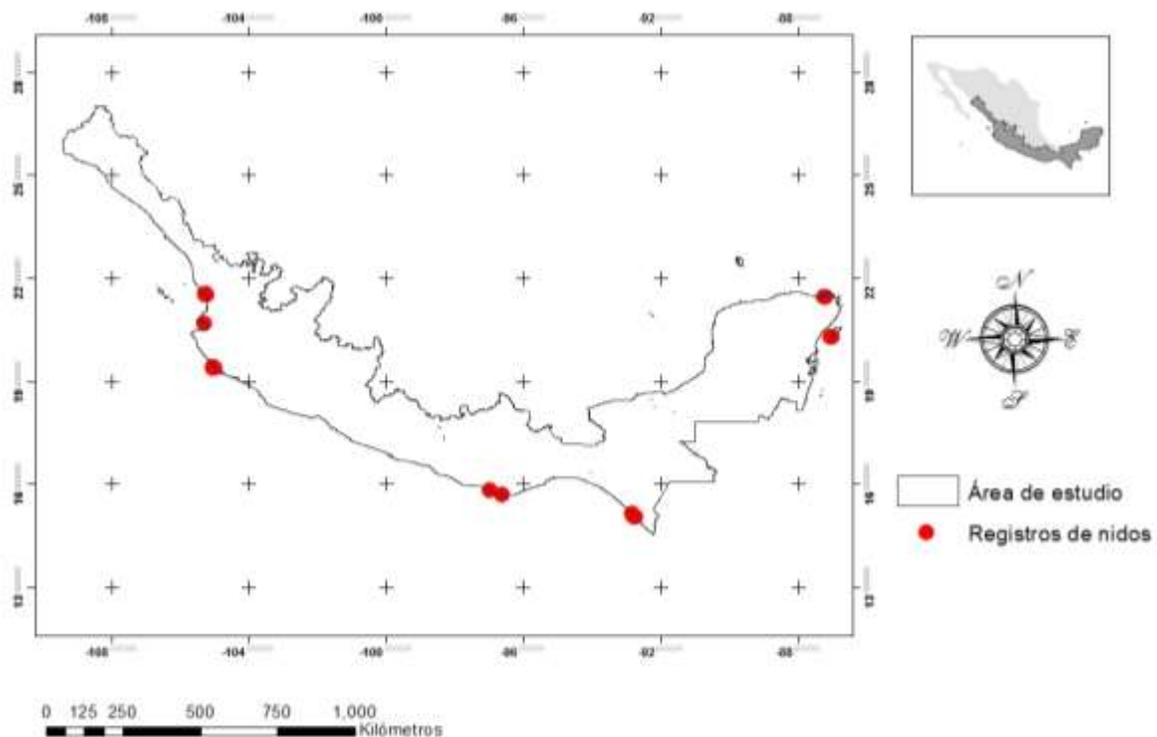


Figura 2. Registros bibliográficos de nidos de *Crocodylus acutus* dentro de la zona de estudio en México.

Cuadro 2. Valores de AUC interno y externo de cada algoritmo utilizado para el consenso.

Algoritmo	AUC interno	AUC externo
Maxent	0.995	0.987
Environmental distance	0.995	0.973
Artificial Neural Networks	0.980	0.948
GARP with best subsets (Desktop GARP implementation)	0.991	0.956
ENFA (medianas)	0.964	0.906
Support vector machines	0.992	0.991

Maxent reportó como variables más importantes para el modelo: altitud, distancia a manglares-humedales y distancia a vegetación densa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de contribución de cada variable al modelo en base a Maxent

Variable	Porcentaje de contribución
----------	----------------------------

Distancia a humedales-manglares	32.9
Distancia a vegetación densa	22.6
Altitud	21.3
Distancia a ríos	9.6
Distancia a terreno sujeto a inundación	8
Aspecto	2.7
Densidad poblacional	1.6
Textura gruesa	0.4
Pendiente	0.3
Textura media	0.3
Distancia a cuerpos de agua	0.2

La extensión total de las zonas potenciales de anidación que predijo el consenso es de 14,316 kilómetros cuadrados, que representa el 2.3% del área de estudio. Los estados en donde el consenso predice zonas potenciales para la anidación de *C. acutus* son:

Sinaloa: alrededor de la laguna el Huizache, los poblados más cercanos son Francisco Villa y Teodoro Beltrán (Fig.3, zona 1), laguna Grande cerca de

Escuinapa de Morelos (Fig.3, zona 2), lago El bueno cerca de Ojo de Agua de Palmillas y La Urraca y laguna Agua Grande (Fig.3, zona 3).

Nayarit: algunas partes del río San Pedro cerca de la estación Pany (Fig.3, zona 4), en el parque natural la Tovarera cerca de San Blas, Matanchen (Fig.3, zona 5); alrededor del río Ameca del lado de Nayarit y de Jalisco, desde Boca de Tomates hasta el poblado San José del Valle (Fig.3, zona 6), cabe resaltar que el modelo indica gran parte de la zona turística de Nuevo Vallarta y Puerto Vallarta como zonas potenciales de anidación.

Jalisco: en el estero El Ermitaño en el municipio de Tomatlán (Fig.3, zona 7); laguna Largo al sur de Campo Acosta; río San Nicolás cerca del poblado Quemaro (Fig.3, zona 8); la Desembocadura del río Cuixmala: la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (Fig.3, zona 9); el estero Tehuacán y zonas cerca del Río Purificación desde la Bahía Tecuán pasando por los poblados de El Rebalsito, Agua Caliente Nueva, hasta aproximadamente 14 kilómetros al norte de Miguel Hidalgo Viejo (Fig.3, zona 10). Por último la laguna Barra de Navidad cerca de Barra de Navidad (Fig.3, zona 11).

Colima: en el río Marabasco desde su desembocadura en el mar hasta la altura de Cihuatlán (Jalisco); también los estuarios y manglares cerca del aeropuerto internacional playa de Oro; los cuerpos de agua colindantes a Peña Blanca y gran parte de la Bahía de Santiago incluyendo las lagunas de la Boquita y Miramar, además de zonas urbanizadas de Manzanillo; por último la laguna Cuyutlán cerca de Ignacio Zaragoza, Las Torres, Rancho Alegre y Punta Grande hasta el norte de El Ciruelo (Fig.3, zona 12).

Guerrero: en la laguna de Mitla aproximadamente a 56 kilómetros al oeste de Acapulco (Fig. 4).

Oaxaca: en el estero la Ventanilla al este del río Tonameca y al sur de Chacahua, cerca de playa La Redonda (Fig. 5).

Chiapas: en la Reserva de la Biósfera La Encrucijada desde Pampa Honda hasta Barra San José (Fig. 6), y al norte del estado en el río Tulija cerca del poblado Salto de Agua (Fig. 7, zona 3).

Tabasco: cerca de la laguna El pajonal y la laguna de la Palma, en un afluente al este del río Tonalá cerca de las localidades La Azucena, El Bari y El Yucateco, hasta Los soldados en el sur (Fig. 7, zona 1). En cuerpos de agua alrededor del poblado de Cunduacán, tales como El Batallón, Chicozapote, El Tinal, laguna Chirivital y laguna Ballona (Fig. 7, zona 2); en las cercanías del río Tulija cerca de las localidades Francisco Javier Mina, Las Campanas y Zopo sur (Fig. 7, zona 3); en el río San Pedro al este del estado a aproximadamente 12 kilómetros de la frontera con Guatemala, cerca de las localidades La Resaca y San Pedro (Fig. 7, zona 4).

Campeche: al sur de la laguna de Términos hasta el límite entre Campeche y Tabasco en los cuerpos de agua cerca de las localidades El Pinal, Jonuta, Carrizal y Dolores que se encuentran en Tabasco (Fig. 7, zona 5). También a las orillas de la laguna Panlao cerca de las localidades Pital, Mamantel y San Jorge (Fig. 7, zona 6); la laguna El Tunal a 11 kilómetros al sureste de Sabancuy (Fig. 7, zona 7); por último en el grupo de lagunas: Laguna Misteriosa, Laguna El Pollo, Tres lagunas, Laguna Mapache y Laguna tres Reyes a aproximadamente 62 kilómetros al este de ciudad Candelaria (Fig. 7, zona 8).

Yucatán: en el Parque Nacional Ría Celestún en un área de aproximadamente 15 kilómetros cuadrados (Fig. 8, zona 1) y en Punta laguna y laguna Kad a 29 kilómetros al este de Chemax (Fig. 8, zona 2).

Quintana Roo: en donde se encuentra el mayor porcentaje de áreas idóneas para la anidación del cocodrilo americano, incluyendo el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, poblados más cercanos Chiquilá, Holbox, Kantunilkín y Solferino (Fig. 8, zona 3), isla Cozumel en Parque Ecológico Punta Sur, Punta Norte y Laguna Ciega cerca del poblado San Miguel (Fig. 8, zona 4). La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y el Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil cerca de Chetumal (Fig. 8, zona 5).

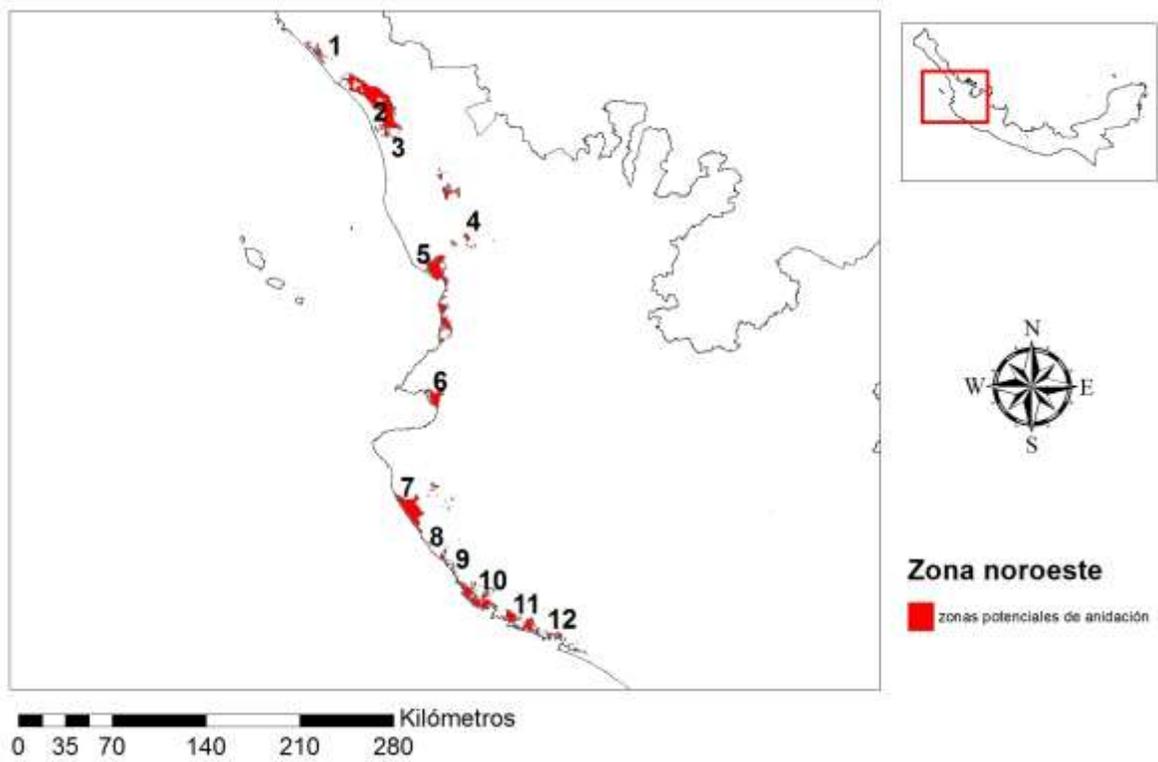


Figura 3. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona noroeste.

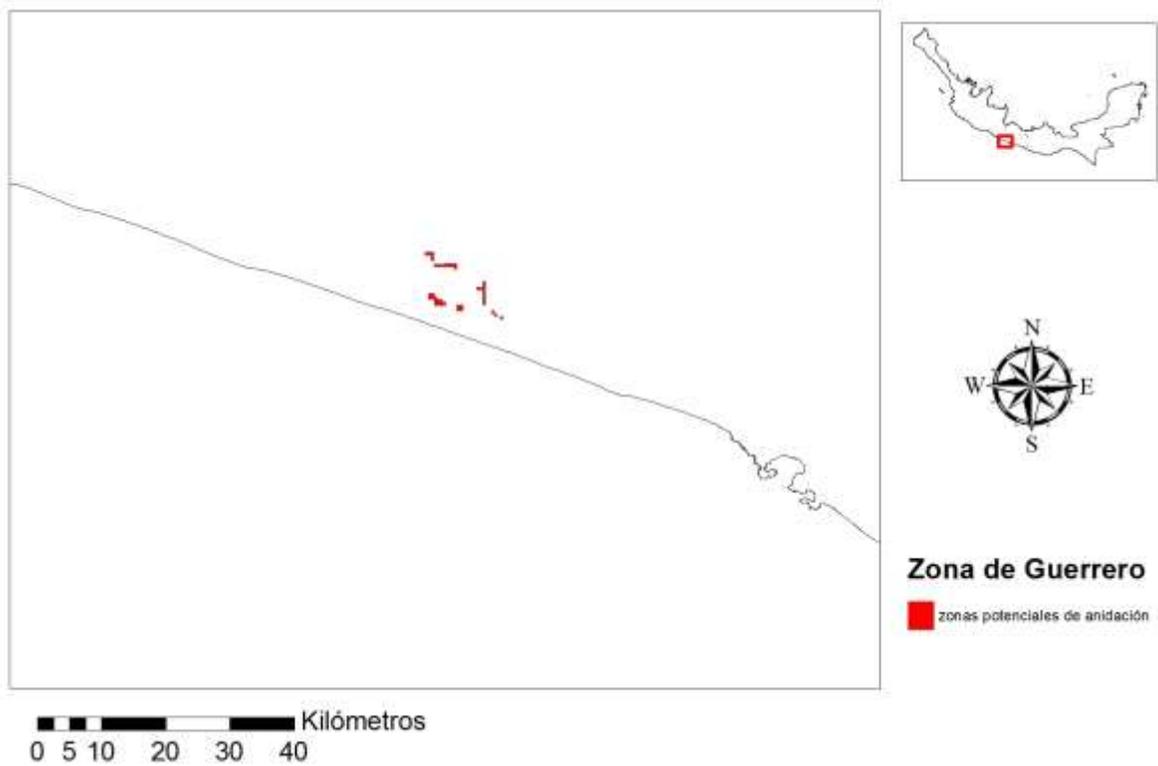


Figura 4. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona de Guerrero.

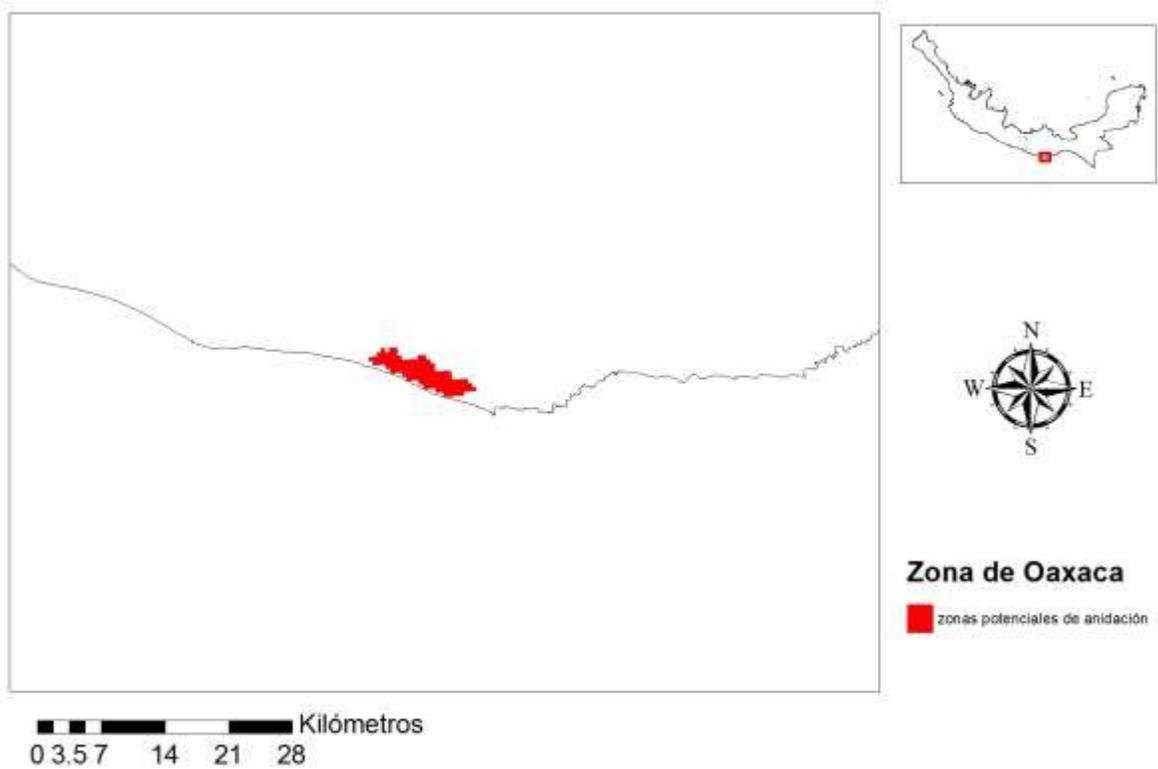


Figura 5. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona de Oaxaca.

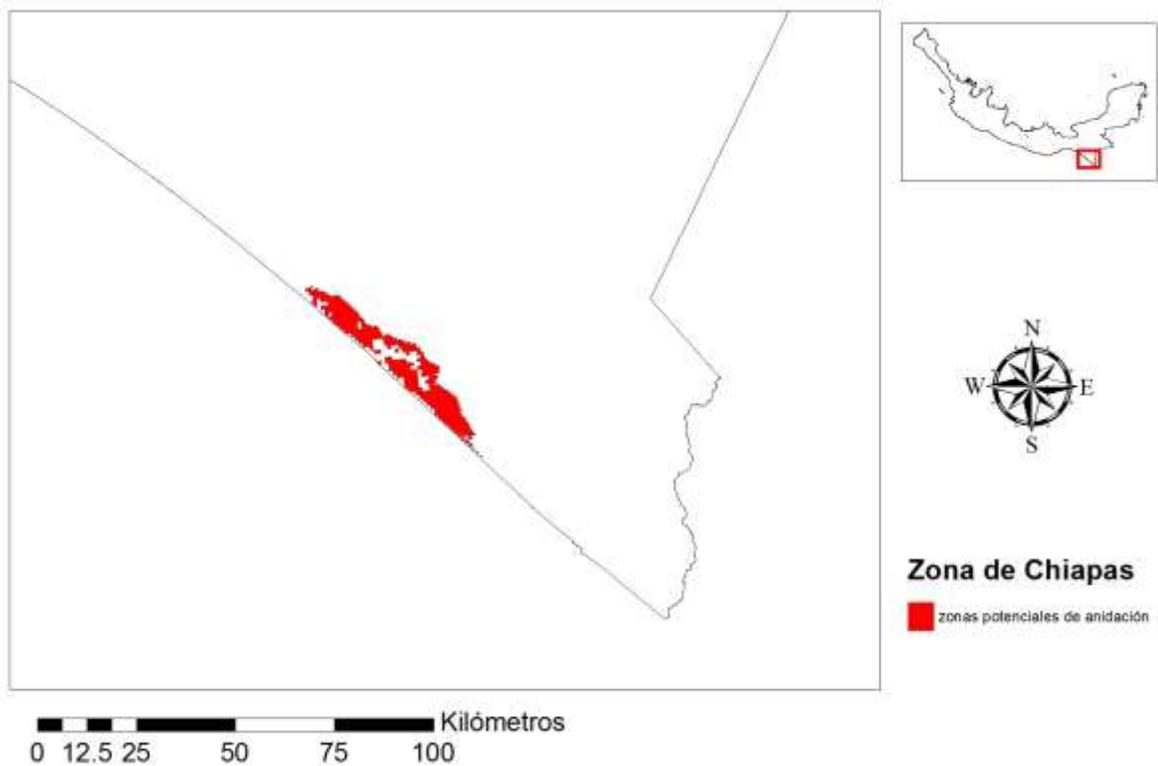


Figura 6. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona de Chiapas.

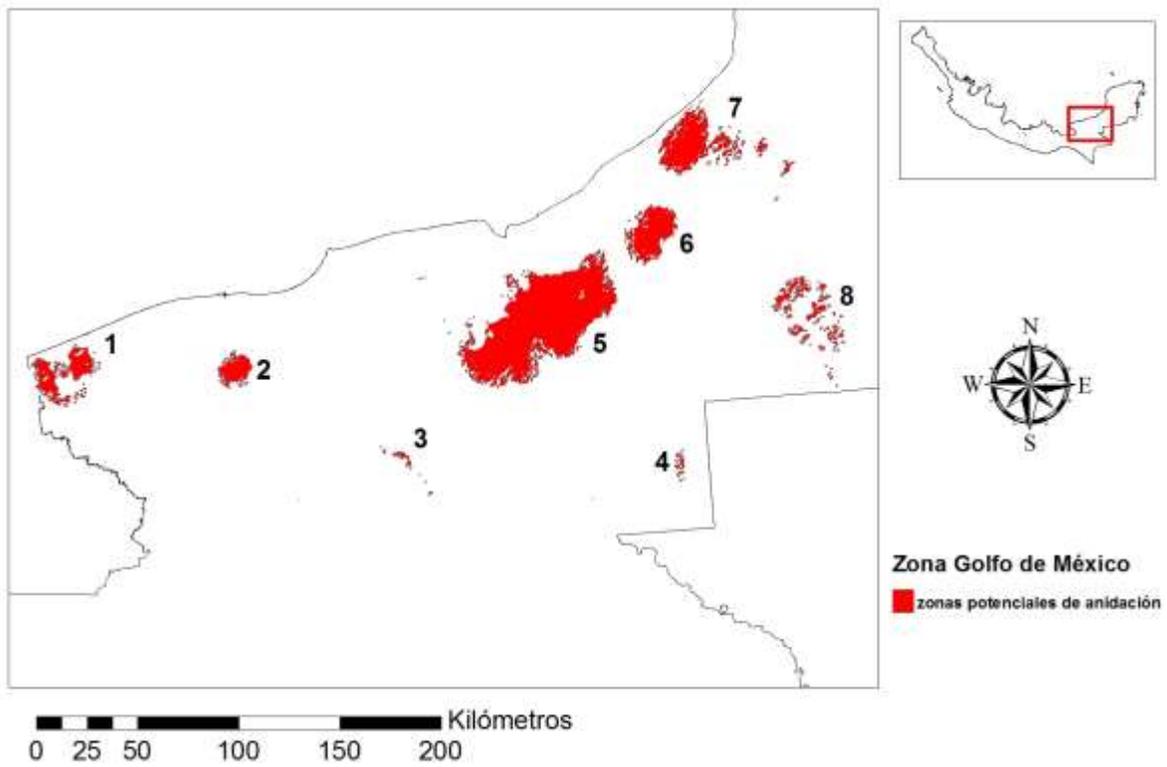


Figura 7. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona Golfo de México.

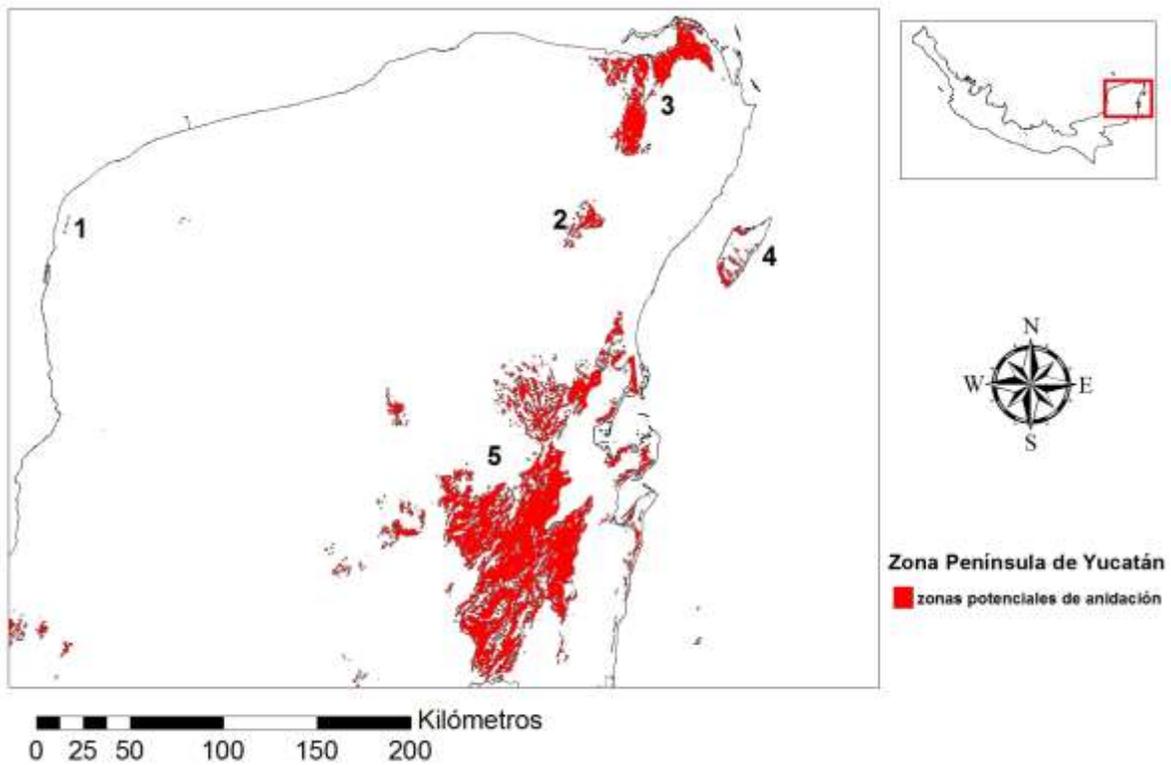


Figura 8. Área potencial de anidación de *Crocodylus acutus* en México, zona península de Yucatán.

## Discusión

Las zonas de idoneidad para la anidación de *Crocodylus acutus* predichas por el modelo de consenso generado abarcan todas las reportadas en trabajos anteriores sobre ecología de anidación de esta especie en México, además también se predijeron nuevas zonas, en donde aún no está clarificada la presencia de la especie. Este trabajo identifica por primera vez las zonas potenciales de anidación de esta especie, que de acuerdo con estudios previos, es información imprescindible para fundamentar planes de conservación (Charruau, 2010; Cedillo-Leal *et al.*, 2012).

Debido a la diferencia temporal entre los registros y las variables utilizadas, algunas de las áreas en la zona noroeste del modelo que son predichas como potenciales para anidación, actualmente están modificadas o sufren algún nivel de perturbación, como en Nuevo Vallarta y San Blas en Nayarit, Puerto Vallarta en Jalisco y Manzanillo en Colima, donde ahora predominan las actividades antrópicas, esto evidencia el impacto del desarrollo de infraestructura en las costas como una de las amenazas principales para los cocodrilos (Cedeño-Vázquez *et al.*, 2006).

Pocos trabajos han hablado sobre el disturbio antrópico en las áreas de anidación de los cocodrilos; Kushlan (1988) señala que en Florida las áreas de anidación se han visto reducidas por el desarrollo humano y los cocodrilos han compensado esto anidando en zonas artificiales, como los campos de golf. Casas-Andreu (2003) menciona que posiblemente se están dando situaciones similares en las costas de Jalisco debido al desarrollo de áreas turísticas en la región al igual que en la península de Yucatán, donde Charruau (2010) indica que la situación de *Crocodylus acutus* es crítica, y la atribuye al desarrollo turístico intenso y el aumento

en la población humana, las zonas son modificadas rápidamente al ser construidos hoteles y otros elementos de infraestructura turística. El caso más reciente de esta problemática fue lo ocurrido en Cancún en el malecón Tajamar en donde maquinaria pesada arrasó con aproximadamente 57 hectáreas de mangles en la madrugada del 16 de enero del 2016, para la construcción de un complejo hotelero. Thorbjarnarson *et al.* (2006) mencionan a Cancún como una de las unidades de conservación para *C. acutus* en México y a través de evidencias fotográficas difundidas por organizaciones de la sociedad civil se sabe que existía una población de ésta especie en el lugar, sin embargo es probable que su potencial, específicamente como zona de anidación, esté por debajo del umbral de corte utilizado en este estudio, por lo que no aparece en el modelo de consenso.

El consenso predice zonas idóneas para la anidación del cocodrilo americano en la zona del Golfo de México (en los estados de Tabasco y Campeche), actualmente esta zona no se considera parte de la distribución de este cocodriliano, pero si forman parte de su distribución histórica (Álvarez del Toro, 1974). Escobedo-Galván y González-Salazar (2011) argumentan que la distribución de *C. acutus* puede ser mayor a la conocida actualmente, enfatizando la zona de la península de Yucatán y Tabasco, puesto que no se encuentran barreras geográficas o ambientales que impidan la presencia del cocodrilo americano en estas zonas, los resultados de este trabajo apoyan dicha propuesta. *Crocodylus acutus* tiene una gran capacidad de adaptación a los ambientes costero-marinos, mayor a la de otros cocodrilos del continente americano (*C. moreletii*, *C. intermedius* y *C. rhombifer*), lo cual aumenta la posibilidad de que éste se desplace y colonice nuevos sitios.

Algunas observaciones previas sobre la ecología de anidación sugieren que existen híbridos entre *C. acutus* y *C. moreletii* en las costas de Campeche (Escobedo-Galván y González-Salazar, 2011). Aunado a esto el área de distribución de *C. acutus* en la península de Yucatán está desapareciendo, siendo una de las amenazas más importantes la hibridación con *C. moreletii*. Cedeño-Vázquez *et al.* (2008), Rodríguez *et al.* (2008) y Machkour-M'rabet *et al.* (2009) observaron que la introgresión se da en diferentes niveles con una marcada dominancia del genoma de *C. moreletii* sobre *C. acutus*. Las poblaciones puras genéticamente y con buen estado de conservación del cocodrilo americano se encuentran en isla Cozumel y Banco Chinchorro. Aunque el desarrollo turístico y la incidencia de huracanes afectan a estas dos zonas y con esto las poblaciones se podrían ver afectadas a corto y mediano plazo. Los huracanes tienen efectos sobre los ecosistemas costeros generando erosión del suelo, disminución de la temperatura y precipitaciones abundantes (Charruau, 2010) y se espera que el calentamiento global modifique su frecuencia, distribución e intensidad (Emanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005). La inundación de zonas costeras se ha reportado como un factor importante de pérdida de nidos de varias especies de cocodrilos, el exceso de humedad en el sustrato impide o reduce la difusión de gases en la superficie del cascaron de los huevos, causando malformaciones, asfixia y la muerte (Mazzotti *et al.* 1989, Thorbjarnarson, 1989; Ji *et al.*, 2002). Estas zonas son importantes como reservorio genético de la región ya que pueden ayudar en la recuperación de las poblaciones continentales (Escobedo-Galván *et al.* 2011).

Debido a la falta de información espacial en algunas variables que no incluyen islas, para este estudio no se pudo tomar en cuenta a Banco Chinchorro

en los modelos, sin embargo Cozumel fue una de las zonas con alta idoneidad para la anidación de *C. acutus*. El consenso predijo alto potencial en la parte sur de la isla (Parque Ecológico Punta Sur) cerca de las lagunas Colombia, Chun Chacaab y Xtakún en donde se tenían registros de nidos, pero también predijo nuevas zonas al norte (Punta Norte) cerca de Laguna Ciega, concordando con Thorbjarnarson *et al.* (2006) quienes marcan esta zona como región prioritaria para la conservación del cocodrilo americano; la zona de la península de Yucatán es de mucha importancia en la conservación de *C. acutus* puesto que tiene grandes áreas naturales protegidas con el hábitat idóneo para la anidación de esta especie, tales como el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y el ya antes mencionado Parque Ecológico Punta Sur en Cozumel.

En la costa de Chiapas el consenso predijo un área de aproximadamente 400 kilómetros cuadrados en la Reserva de la Biósfera La Encrucijada como idónea para la anidación, estudios como el de Peña-Martínez (2011) y de González-Desales (2015) han reportado una estructura poblacional sana y con importante actividad reproductiva en este sitio, de manera que, podría tener una alta importancia ecológica para la especie debido a la poca fragmentación que presenta, en comparación con otras como las observadas en Nayarit, Jalisco y Colima.

La altitud puede ser un factor importante debido a que las hembras escogen como sitios de anidación lugares elevados para evitar la inundación (Casas-Andreu, 2003). Sin embargo en el modelo no se ve reflejado esto debido a que estas medidas están a un nivel microambiental, por lo tanto la resolución de la capa de

altitud que se utilizó (500 m) no puede discriminar a una resolución tan detallada; no obstante la información obtenida es de gran utilidad, puesto que se confirma que el cocodrilo americano tiende a preferir lugares costeros para la anidación (con ciertas características específicas tales como lagunas costeras, manglares, ríos cercanas al lugar) concordando con Thorbjarnarson (1989) y Mazzotti, (1999) que consideran a *Crocodylus acutus* como una especie costera.

La densidad de vegetación juega un papel importante en la distribución de las zonas de anidación. Si bien sobre los nidos debe de existir poca cobertura vegetal para una insolación adecuada (Casas-Andreu, 2003), los mismos deben estar protegidos por vegetación a su alrededor donde se pueden encontrar palmeras, arbustos y mangles, ya que estos los protegen del viento y marea (Cedillo-Leal *et al.*, 2013). Charruau (2010) reportó que los cocodrilos de Banco Chinchorro anidaron a una distancia de árboles o arbustos en el rango reportado para *C. acutus* en otras áreas (intervalo de promedios: 1.22-4.5m) (Casas-Andreu, 2003; Fonseca y Benavides, 2000; Pérez y Escobedo-Galván, 2005; Thorbjarnarson, 1988).

La radiación solar es un factor importante para la temperatura de los nidos, como *C. acutus* presenta determinación del sexo por temperatura (DST) la temperatura del nido determina la proporción sexual de la nidada e influye en las características de los neonatos tales como peso y tamaño (Ji *et al.*, 2002; Shine *et al.*, 1997; Valenzuela, 2001), por lo que la densidad de vegetación regula el porcentaje de radiación solar que llega a los nidos. En México los nidos de *C. acutus* son de tipo hueco y en este tipo de nidos el calor metabólico y el sol son la principal fuente de calor (Charruau, 2010).

La importancia de la variable distancia a humedales y manglares en el modelo se explica ya que estos hábitats les brindan comida y protección a los neonatos. Los individuos de *Crocodylus acutus* se distribuyen en diferentes hábitats dependiendo de su edad, de tal modo que la descripción del microhábitat es un indicador de la estructura de edades (Hernández-Hurtado *et al.*, 2006). A las crías se les puede observar asoleándose sobre las ramas de los manglares y rara vez se les ve en playas desprovistas de vegetación (Álvarez del Toro y Sigler, 2001); las crías y neonatos suelen habitar cerca de su lugar de nacimiento durante las primeras semanas de vida, aunque algunos pueden permanecer ahí por meses o años (Thorbjarnarson, 1989).

Las zonas noroeste y península de Yucatán del modelo son en las que se predijo una mayor área potencial de anidación, sin embargo son las más amenazadas por la destrucción del hábitat, es importante aprovechar los recursos de esta zona de manera sustentable y esto requiere regular firmemente el impacto turístico que existe en la zona, puesto que a mayor turismo y densidad poblacional humana existe una mayor explotación de recursos.

## **Conclusión**

El área total de las zonas idóneas para la anidación de *C. acutus* en México predicha por el consenso es de 14,326 km<sup>2</sup> y se ubican en: zona noroeste (Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima), zona de Guerrero, zona de Oaxaca, zona de Chiapas, zona Golfo de México (Tabasco y Campeche) y zona península de Yucatán (Yucatán y Quintana Roo).

## Bibliografía.

- Abade, L., Macdonal, D.W. y Dickman, A.J. 2014. Assessing the relative importance of landscape and husbandry factors in determining large carnivore depredation risk in Tanzania's Ruaha landscape. *Biological conservation*. 180: Pp. 214-248.
- Álvarez-del Toro, M., 1974. Los Crocodylia de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D. F.
- Álvarez del Toro, M. y Sigler, L. 2001. Los Crocodylia de México. IMERNAR. PROFEPA, México. *Ciencia y Mar*, 5(15): Pp. 29-36.
- Anderson, R.P., Lew, D. y Peterson, A.T. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162: Pp. 211-232.
- Alonso-Tabet, M., Rodríguez-Soberón, R., Berovides-Álvarez, V. y Hernández-Fuentes, C.E. 2000. Influencia de la geomorfología del hábitat sobre la nidificación de *Crocodylus acutus* en el refugio de fauna Monte Cabaniguan, Cuba. Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna, Refugio de Fauna Monte Cabaniguán. Pp. 42-58.
- Araújo, M.B. y Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33: Pp, 1677-1688.
- Casas-Andreu, G. y Guzmán-Arroyo, M. 1970. Estado actual de las investigaciones sobre cocodrilos mexicanos. Instituto Nacional de Investigación Biológico Pesqueras, Secretaría de Industria y Comercio, México, D. F. Pp. 1-50

- Casas-Andreu, G. 2003. Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México. Acta Zoológica Mexicana 89: Pp. 111-128.
- Cedeño-Vázquez, J.R., Ross, J.P. & Calmé, S. 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, México. Herpetological Natural History, 10: Pp. 17-30.
- Cedillo Leal, C., García Grajales, J., Martínez González, J. C., Briones Encinia, F. & Cienfuegos Rivas, E. 2013. Aspectos ecológicos de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en dos localidades de la costa de Oaxaca, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 29(1): Pp. 164-177.
- Charruau, P. 2010. Ecología y etología de anidación del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*): Un estudio para su conservación. Tesis de doctorado, El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México. 302 p.
- Charruau, P. 2012. Microclimate of American crocodile nests in Banco Chinchorro Biosphere Reserve, Mexico: Effect on incubation length, embryos survival and hatchlings sex. Journal of Thermal Biology 37: Pp.6-14.
- ClarkLabs, 2012. IDRISI 17.0: the Selva edition. Clark University 950 Main St., Worcester MA 01610 USA.
- CONACROM. 2000. Proyecto conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México. ([http://web2.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/Preps/Prep\\_Coco.pdf](http://web2.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/Preps/Prep_Coco.pdf))
- Cupul-Magaña, F.G., Rubio-Delgado, A., Reyes-Juárez, A., y De Niz-Villaseñor, A. 2004. Historia Natural del cocodrilo americano (*Crocodylus*

*acutus*) en el Estero Boca Negra, Jalisco, México: anidación y crecimiento de neonatos. *Ciencia y Mar*, 8(23): Pp.31-42.

- Cupul-Magaña, F.G., Rubio-Delgado, A., Reyes-Juárez, A. y Hernández-Hurtado, H. 2002. Sondeo poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en el estero Boca Negra, Jalisco. *Ciencia y Mar*, 6(16): Pp.45-50.
- Doody, J.S., Guarino, E., Georges, A., Corey, B., Murray, G. y Ewert, M. 2006. Nest choice compensates for climate effects on sex ratios in a lizard with environmental sex determination. *Evolutionary Ecology* 20: Pp. 307-330.
- Drake, J.M., Randin, C. y Guisan, A. 2006. Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of Applied Ecology* 43: Pp. 424–432.
- Emanuel, K. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436: Pp. 686-688.
- Escobedo-Galván, A.H. y González-Salazar, C. 2011. Aplicando modelos de nicho ecológico para predecir áreas potenciales de hibridación entre *Crocodylus acutus* y *C. moreletii*. *Quehacer científico en Chiapas* 1 (11): Pp. 27-35.
- Espinosa, D., S. Ocegueda *et al.* 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, Pp. 33-65.
- ESRI®ArcMap™10.0. Copyright ©1999-2010 ESRI Inc. All Rights Reserved.
- Fielding, H.A. y Bell, F.J. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *UK. Environmental conservation* 24 (1): Pp. 38-49.

- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions, spatial inference and prediction. Cambridge University Press, New York, USA.
- Gevrey, M., Ioannis, D. y Lek, S., 2003. Review and comparison of methods to study the contribution of variables in artificial neural network models. Ecological modelling 160: Pp. 249–264.
- González-Desales, G.A. 2015. Ecología de anidación de cocodrilanos en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México. 49p.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological modelling 135: Pp. 147-186.
- Hernández-Hurtado, H., Romero-Villarruel, J.J. y Hernández-Hurtado P.S. 2011. Ecología poblacional de *Crocodylus acutus* en los sistemas estuarios de San Blas Nayarit, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: Pp. 887-895.
- Hernández-Hurtado, H., García de Quevedo Machain R. y Hernández-Hurtado P. 2006. Los cocodrilos de la costa Pacífico Occidental (Michoacán, Colima y Jalisco) de México. Jiménez-Quiroz M.C. y Espino-Barr E. Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. México: Instituto Nacional de la Pesca. Pp. 375-89.
- Hilbert, W.D. y Ostendorf, B. 2001. The utility of artificial neural networks for modeling the distribution of vegetation in past, present and future climates. Ecological Modelling 146: Pp. 311-327.
- Hilbert, W.D., Ostendorf, B. & Hopkins, S.M. 2001. Sensitivity of tropical forest to climate change in the humid tropics of north Queensland. Australia. Austral Ecology 26: Pp. 590-603.

- Hirzel, A.H., Arlettaz, R. 2003. Modeling Habitat Suitability for Complex Species Distributions by Environmental-Distance Geometric Mean. *Environmental Management* 32 (5): Pp. 614-623.
- Hirzel, A.H., Hausser, J., and Perrin, N. 2004. Biomapper 4.0. Lab. of Conservation Biology, Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne.
- Ji, X., Qiu, Q.B. & Doing, C.H. 2002. Influence of incubation temperature on hatching succes, energy expenditure for embryonic development and size and morphology of hatchlings in te oriental garden lizard *Calottes versicolor* (Agamidae). *The Journal of Experimental Zoology*, 292: Pp. 649-659.
- Kushlan, J.A. 1998. Conservation and management of the American Crocodile. *Environment Management*, 12: Pp. 777-790.
- Manel, S., Williams, H.C. y Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *British Ecological society. Journal of Applied Ecology* 38: Pp. 921-93.
- Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Thuiller, W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and distributions*, 15(1): Pp. 59-69.
- Mazzotti, F.J. 1989. Factors affecting the nesting success of the american cocodrile (*Crocodylus acutus*) in Florida bay. *Bulletin of Marine Science*, 44: Pp. 220-228.
- Mazzotti, F.J. 1999. The American crocodile in Florida Bay. *Estuaries*, 22: Pp. 552-561.

- Mazzotti, F. J., Cherkiss, M. S. y Romañach, S.S. 2011. The american crocodile in Biscayne Bay, Florida. Coastal and Estuarine Research Federation.
- Meffe, G.K, C.R. Carroll. 1994. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. Pp. 600.
- Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P., & Pearson, R. G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28(3): Pp. 385-393.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: Pp. 231–259.
- Platt, C.J. 1998. Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines. Microsoft Research, Technical Report MSR-TR-98-14. Pp. 1-21.
- Platt, S. G. y J. B. Thorbjarnarson, 2000. Nesting ecology of the american crocodile in the coastal zone of Belize. *Copeia* 103: Pp. 869-873.
- Ponce-Campos, P., Thorbjarnarson, J. y Velasco, A. (IUCN SSC Crocodile Specialist Group) 2012. *Crocodylus acutus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 02 September 2015.
- Ross J.P. 1998. Crocodiles. Status survey and conservation action plan. 2nd Edition. UICN/SSC. Crocodile Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-

Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies. Diario Oficial de la Federación.

- Schubert, A. y Méndez, H. 2000. Métodos para estimar el tamaño de la población del Cocodrilo Americano (*Crocodylus acutus*) en el Lago Enriquillo, República Dominicana. Crocodiles. Proceedings of the 15th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, IUCN-The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge UK. Pp. 372-381.
- Sigler, L. 2002. Conservación y manejo de *Crocodylus acutus* en México. La conservación y el manejo de caimanes y cocodrilos de América Latina. CN Editorial. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Pp. 167-184.
- Stockwell, D. y Peters, D. 1999. The GARP modelling system: problems and to automated spatial prediction. Geographical Information Science 13 (2): Pp. 143-158.
- Thorbjarnarson, J.B. 1989. Ecology of the American crocodile (*Crocodylus acutus*). In: Hall PM, editor. Crocodiles: their ecology, management, and conservation. Gland (Switzerland): UICN. Pp 228-258.
- Thorbjarnarson, J.B. 2010. American Crocodile *Crocodylus acutus*. Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. Third Edition. Crocodile Specialist Group: Darwin. Pp. 46-53.
- Thorbjarnarson, J.B., Mazzotti, F., Sanderson, E., Buitrago, F., Lazcano, M., Minkowski, K., Muñoz, M., Ponce, P., Sigler, L., Soberón, R., Trelancia, A.M. y Velasco, A. 2006. Regional habitat conservation priorities for the American crocodile. Biological Conservation, 128: Pp. 25-36.

- Uetz, P. y Etzold, T. 1996. The EMBL/EBI Reptile Database. *Herpetological Review* 27 (4): Pp. 174-175.
- Valtierra-Azotla, A.M. 2007. Ecología poblacional y reproductiva del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Webster, P.J., Holland, G.J., Curry, J.A. y Chang, H.R. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309: Pp. 1844-1846.