



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
Campus Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistema Marinos y Costeros

“El cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* como elemento estratégico para la conservación de los ENPs Manglar de Tumulco y Ciénega del Fuerte.”

TESIS

Que para obtener el título de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
MARINOS Y COSTEROS**

PRESENTA:

Biol. Rosina Hernández Jiménez

Director:

Dr. Ernesto Rodríguez-Luna

Asesor:

Mtro. F. Javier Martos Fernández



Universidad Veracruzana

Tuxpan, Veracruz.

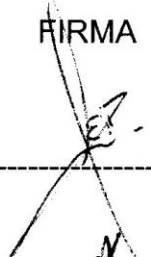


2013.

**MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
MARINOS Y COSTEROS**



Universidad Veracruzana


Los abajo firmantes, miembros del jurado examinador de la alumna: **Rosina Hernández Jiménez**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado la Tesis titulada: "El cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* como elemento estratégico para la conservación de los ENPs Manglar de Tumulco y Ciénega del Fuerte".

	NOMBRE	FIRMA
LECTOR	Dr. Jorge Morales-Mávil	
LECTOR	Dra. Maribel Ortiz Domínguez	
LECTOR	Dr. Rodrigo Cuervo González	

Carretera Tuxpan-Tampico Km. 7.5, Col. Universitaria, Tuxpan, Ver., C.P. 92860.

Tel. (783) 83 4 43 50. Ext. 46113.

AGRADECIMIENTOS



Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado (CVU: 377599), el cual permitió culminar este trabajo. De igual forma, al M.C. Marco Antonio López-Luna (UJAT), coordinador del proyecto “Monitoreo del Cocodrilo de pantano Región MXRC2-Golfo Centro”, al Dr. Carlos Piña, investigador Científico del Centro de Investigaciones Científicas y de transferencia de Tecnología a la Producción (CICyTTP) y a la Dra. Laura Porras Murillo, profesor investigador del Instituto de Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS) quienes financiaron cursos de capacitación sobre el manejo y conservación de los cocodrilos. Gracias por el apoyo, y sobre todo por su amistad y confianza.

Agradezco a la Universidad Veracruzana y a la Coordinación del posgrado de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros eficazmente dirigidas por el Dr. Arturo Serrano Solís. Asimismo, al personal docente, que influyo en mi formación académica.

Al Dr. Ernesto Rodríguez-Luna, Coordinador del Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO) por dirigir este trabajo de investigación, al Mtro. Javier Martos Fernández. (UV), y a la comisión lectora, por su apoyo en la revisión del documento final.

De manera muy especial agradezco al Dr. Jorge Morales-Mávil, investigador científico del Instituto de Neuroetología de la UV, quien permanentemente estuvo pendiente del proceso completo de integración de este documento.

La culminación de la fase de campo fue exitosa gracias al apoyo incondicional de Bianca Islas (UV), Guillermo Adán Morales (IBUNAM), Pablo Villagrán (UV), Adrián Amador Cortes (UTRCC), Fernando Josué (UV), Sr. Augurio (Cooperativa ecoturística de Ciénega del Fuerte), Sr. Francisco (Agente Municipal del Ejido Chacoaco), Sergio Hernández y Patricia (Campamento KULULU). A todos ellos agradezco su esfuerzo y dedicación.

Merecen un especial agradecimiento todas aquellas personas que durante mi formación profesional han sido fuente de inspiración para terminar este proyecto y comenzar nuevos, particularmente al Dr. Gustavo Casas-Andreu, Biol. Gabriel Barrios-Quiroz, Dra. Melina Simoncini, y Dr. Thiago Portheliña.

Al Biol. Marcelo Diederle, Biol. Olga Bartolo, Biol. Villagrán, Mtro. Vicencio, Mtra. Annelis y Mtra. Maura, quienes me han brindado una hermosa amistad.



Dedicado A: _____
Lucina Jiménez Nolasco

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Identificación de impactos ambientales en la zona de estudio.....	3
2.2. Antecedentes de conservación en el área de estudio.....	5
2.3. Utilización de indicadores ecológicos.....	6
3. OBJETIVOS.....	8
3.1. Objetivo general.....	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
4. ÁREAS DE ESTUDIO.....	9
4.1. Manglar de Tumilco.....	9
4.2. Ciénega del Fuerte.....	10
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
5.1. Abundancia, tamaño/estructura de la población, distribución y anidación del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	12
5.1.1. Abundancia.....	13
5.1.2. Tamaño/estructura de la población.....	14
5.1.3. Distribución.....	15
5.1.4. Anidación.....	15
5.2. Calidad del hábitat del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en	

los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	16
5.3. Presión humana sobre las poblaciones de cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	18
5.4. Viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	19
6. RESULTADOS.....	21
6.1. Abundancia, tamaño/estructura de la población, distribución y anidación del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	21
6.1.1. Abundancia.....	21
6.1.2. Tamaño/estructura de la población.....	22
6.1.3. Distribución.....	26
6.1.4. Anidación.....	30
6.2. Calidad del hábitat del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	33
6.3. Presión humana sobre las poblaciones del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	36
6.4. Viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	39
7. DISCUSIÓN.....	40
8. CONCLUSION Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO.....	48
9. BIBLIOGRAFÍA.....	53

ANEXOS

Anexo A. Descripción del cocodrilo de pantano <i>Crocodylus moreletii</i>	72
Anexo B. Criterios utilizados para la selección de los atributos ecológicos clave, sus indicadores y rangos de evaluación para evaluar la viabilidad ecológica del <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	76
Anexo C. Evaluación de la viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	78
Anexo D. Tamaño poblacional de <i>Crocodylus moreletii</i> por sitios de monitoreo y clases de edad en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	79
Anexo E. Galería fotográfica de los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de dos ENPs en el Norte de Veracruz: a) Manglar de Tumilco en el Municipio de Tuxpan de Rodríguez Cano y b) Ciénega del Fuerte en Tecolutla.....	11
Figura 2.	Detección visual nocturna de cocodrilos.....	13
Figura 3.	Vegetación dominante por sitio de monitoreo en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	17
Figura 4.	Tamaño poblacional por clases y sitio de monitoreo, en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	24
Figura 5.	Estructura de la población de <i>C. moreletii</i> en el ENP Manglar de Tumilco, municipio de Tuxpan, Ver.....	25
Figura 6.	Estructura de la población de <i>C. moreletii</i> en el ENP Ciénega del Fuerte, municipio de Tecolutla.....	25
Figura 7.	Distribución del <i>C. moreletii</i> en el Manglar de Tumilco, Tuxpan, Ver.....	27
Figura 8.	Distribución del <i>C. moreletii</i> en el ENP Ciénega del Fuerte, municipio de Tecolutla.....	28
Figura 9.	Distribución por mes y estructura poblacional del <i>C. moreletii</i> en el ENP Manglar de Tumilco, Tuxpan, Ver.....	29
Figura 10.	Distribución por mes y estructura poblacional del <i>C. moreletii</i> en el ANP Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Ver.....	29

Figura 11.	Banda opaca en un huevo de <i>C. moreletii</i> localizado en el ENP Manglar de Tumilco, municipio de Tuxpan, Ver.....	30
Figura 12.	Localización de nidos, y asoleaderos de <i>C. moreletii</i> en el ENP Manglar de Tumilco.....	31
Figura 13.	a) Nido de <i>Crocodylus moreletii</i> ; b) cueva y c) huevos localizados en el ENP Manglar de Tumilco.....	32
Figura 14.	Diferentes tipos de vegetación registrados en el ENP Manglar de Tumilco.....	34
Figura 15.	Tipos de vegetación registrados en el ANP Ciénega del Fuerte.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Distancia, tiempo de recorrido y velocidad promedio de los monitoreos realizados en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte	12
Cuadro 2.	Requerimientos vitales considerados para el estudio de los cocodrilianos.....	18
Cuadro 3.	Atributos ecológicos clave para evaluar la integridad ecológica de <i>C. moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	20
Cuadro 4.	Valores jerárquicos y numéricos utilizados para la evaluación de la viabilidad del objeto de conservación <i>C. moreletii</i>	20
Cuadro 5.	<i>Tasas de encuentro</i> por sitio y mes registradas en censos nocturnos para <i>C. moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	21
Cuadro 6.	Tamaño poblacional (N), promedio de avistamientos (m), desviación estándar (s) y fracción visible (p) por sitio de <i>Crocodylus moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	23
Cuadro 7.	Evaluación del hábitat realizada en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte	36
Cuadro 8.	Asentamientos humanos aledaños a los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte, que se usaron para evaluar la presión humana en el área de estudio.....	37

Cuadro 9.	Presión humana total (PHT) e índice de abundancia promedio de cocodrilos en las secciones monitoreadas de los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte...	38
Cuadro 10.	Coeficientes de correlación de Spearman entre las clases I, II, III, IV, V y PH _j	38
Cuadro 11.	Resumen de la viabilidad del objeto de conservación <i>C. moreletii</i> en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.....	39

RESUMEN

El cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii*, es un reptil de hábitos acuáticos y terrestres, que se encuentra protegido por leyes nacionales e internacionales. Debido al valor ecológico que presenta esta especie, se ha propuesto como un objeto de conservación, considerando que al conservar su hábitat en buen estado, se benefician diversos seres vivos con los que coexiste. El presente trabajo constituye una aproximación metodológica para el análisis de la viabilidad ecológica de esta especie, como instrumento aplicable a la planificación de áreas protegidas y la conservación de la naturaleza a escala local. Para ello se realizó un muestreo en dos espacios naturales protegidos (ENPs) del norte del estado de Veracruz, el Manglar de Tumulco y Ciénega del Fuerte, donde se evaluó la viabilidad ecológica de esta especie, que de acuerdo a la metodología propuesta en este estudio presentó un valor de **regular**. Un total de 118 cocodrilos fueron observados en 18.7 km de recorrido (9.8 km en el Manglar de Tumulco y 8.9 km en Ciénega del Fuerte). Las *tasas de encuentro* observadas fueron mayores en el ENP Manglar de Tumulco (8.36 Ind/km) que las registradas en Ciénega del Fuerte (4.04 Ind/km). En ambos sitios, los adultos estuvieron representados en menor proporción con respecto a las otras clases de edad. Para el Manglar de Tumulco el tamaño promedio de nidada fue de 33 ± 9.16 huevos por nido. La longitud cloaca-hocico (LCH) de las hembras reproductoras oscilaron entre 93 y 119.83 cm. No se registraron nidos en Ciénega del Fuerte. No se encontraron diferencias significativas entre la presión humana y las abundancias de los cocodrilos correspondientes a los dos sitios de monitoreo. En conclusión, ambas zonas de estudio presentan un hábitat apto para la especie.

Palabras clave: **Anidación, hábitat, manglar, viabilidad ecológica.**

1. INTRODUCCIÓN.

El estado de Veracruz es uno de los más variados en ecosistemas terrestres y acuáticos que existen en México, considerándose en su totalidad un sitio prioritario para la conservación global de la biodiversidad (Ellis *et al.*, 2011). En él se encuentran pequeños riachuelos, charcas y lagunetas que son importantes ya que conectan a los sistemas mayores, formando humedales (zona de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanentes) que albergan diversas especies de fauna y flora (Ramsar y Conanp, 2011; Pronatura, 2010). En este escenario ambiental, los cambios de cobertura de vegetación y uso de suelo dentro del paisaje veracruzano han ejercido una marcada influencia en la disminución del número de especies, en el tamaño y la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de ecosistemas y hábitats (Ellis *et al.*, 2011; Bezaury-Creel, 2009). Dada la velocidad con la que ocurren estos cambios, es urgente desarrollar métodos confiables, rápidos y de bajo costo para seleccionar especies para el monitoreo de los cambios ambientales y ecológicos (Kremen, 1992).

Los cocodrilos son una buena elección para el monitoreo porque habitan diversos ambientes tanto terrestres como acuáticos (Cupul-Magaña, 2012), representan los niveles más altos dentro de las redes tróficas de los humedales costeros y que, debido a su rol como depredadores, juegan un papel importante en el control del tamaño poblacional de sus presas (CONANP, 2012). Por tal razón, estos reptiles influyen en el control de otras poblaciones

de animales en su entorno y en el reciclado de nutrientes importantes en el ambiente (Platt *et al.*, 2007). El cocodrilo de pantano es una especie que se encuentra protegida tanto por leyes nacionales como internacionales (ver anexo A), por lo tanto, la preservación de los humedales para mantener en buen estado las poblaciones de cocodrilos beneficia también indirectamente a otras especies dependientes de esas mismas zonas (Español-González, 2003). El uso de los cocodrilos como indicadores ambientales ó ecológicos, se realiza bajo el supuesto de que la respuesta al cambio de estas especies es representativa de la respuesta de otras especies en un hábitat o comunidad (Isasi-Catalá, 2011; Tejeda-Cruz *et al.*, 2008, Rabinowitz, 2003).

Se realizó un análisis de la viabilidad ecológica (integridad ecológica) y condición actual de los cocodrilos en los espacios naturales protegidos (ENPs) Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte; Asimismo, se practicó una evaluación del hábitat y se valoró el impacto que pueden ejercer los asentamientos humanos sobre las poblaciones de cocodrilos en cada zona de estudio. Se espera que los resultados de este estudio permitan determinar la factibilidad del uso de los cocodrilos como indicadores de la integridad ecológica o del estado de salud del ambiente; así como su posible implementación como medida sencilla, rápida y poco costosa para determinar la calidad de ambientes en el Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte y, posiblemente en otros humedales.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Identificación de impactos ambientales en la zona de estudio.

Tanto, el Manglar de Tumilco como Ciénega del Fuerte, forman parte del último reservorio de vegetación costera original del municipio de Tuxpan y de Tecolutla respectivamente. Ambos ENPs poseen un reconocido valor paisajístico con gran importancia para el refugio de fauna y flora nativa, que en la actualidad se encuentran amenazados por:

- a) El crecimiento portuario e industrial. El Manglar de Tumilco ubicado en la margen derecha del río Tuxpan (zona de uso portuario-industrial), se ve amenazado por el desarrollo de accesos, ampliación de la zona portuaria-industrial de Tuxpan, desarrollo de nueva infraestructura industrial y la construcción del puerto profundo Tuxpan II (Gobierno de Veracruz, 2003 y 2011), lo cual desplazaría la fauna y flora local debido al cambio de uso de suelo. Aunado a proyectos como la culminación de la autopista México–Tuxpan, que incrementaran el desarrollo industrial del municipio, convirtiendo a esta ciudad en el litoral más cercano al Valle de México. Actualmente, el Plan veracruzano de desarrollo 2011-2016 tiene contemplado la ampliación de la infraestructura portuaria y logística de todos los puertos, incluyendo el de Tecolutla que es de cabotaje y dedicado a la actividad pesquera.

- b) La expansión humana. En 2005, se contabilizó un total de 3,602 habitantes para la zona de influencia correspondiente al Manglar de Tumilco y de 4,586 habitantes para Ciénega del Fuerte; tales cifras incrementaron en 2010 a 3,797 para el Manglar de Tumilco y 4,892 habitantes para Ciénega del Fuerte (INEGI, 2008 y 2010).
- c) Las descargas urbanas y domésticas. Las localidades en la zona de influencia, no cuentan con drenaje ni fosa séptica por lo que los desechos se van directamente al subsuelo. Para el ENP Manglar de Tumilco se suman las descargas residuales e industriales del municipio de Tuxpan (INEGI, 2010), mientras que en Ciénega del Fuerte, las descargas de las instalaciones hoteleras cercanas.
- d) Los cambios de uso de suelo. La apertura de áreas de cultivo y ganadería, favorece la invasión de gramíneas, que desplaza a la vegetación nativa, disminuyendo así, el hábitat de diversas especies acuáticas (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011).
- e) La construcción de caminos. La construcción de vías de comunicación mal planeadas en los ENPs, provoca que dentro del ecosistema se impacte el área inundable (anexo E), por lo que aumenta la resistencia a la salida de agua y la pérdida de vegetación en los arroyos y ríos, provocando desecación y azolvamiento de los cuerpos de agua (Meli y Carrasco-Carballido, 2011).
- f) El turismo. En las zonas se realizan recorridos ecoturísticos en los canales y diferentes rutas de navegación, que provocan movimientos en el agua, basura y perturbación a las especies de fauna, aunque esta

actividad es baja, no se descarta el incremento de estos servicios a futuro (Basañez-Muñoz, 2005).

- g) La pesca. Considerando que los habitantes aledaños a los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte basan su economía en actividades pesqueras (INEGI, 2010), el uso de embarcaciones menores ó mayores, el mal manejo de combustibles en la región, la pesca ilegal, así como el uso de artes de pesca ilícitas y el incumplimiento de los periodos de vedas para ciertas especies, podría traer como consecuencia inmediata una reducción de los beneficios directos para muchas personas involucradas en esta actividad (Lara-Domínguez *et al.*, 2009a).

2.2. Antecedentes de conservación en el área de estudio.

Entre los esfuerzos de conservación destacan los programas de educación ambiental en escuelas de educación básica, media y superior, que han desarrollado PEMEX, la Universidad Veracruzana y el Ayuntamiento de Tuxpan y de Tecolutla (PEMEX, 2009); Asimismo, se han instalado viveros comunales para la propagación de las cuatro especies de mangle en Tuxpan y de plántulas de apompo en Ciénega del Fuerte (Lara-Domínguez *et al.*, 2009a; Ramsar, 2005). El Manglar de Tumilco ha sido integrado en el Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca del río Tuxpan, mientras que Ciénega del Fuerte al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del río Bobos (SEMARNAT, 2012; SEDEMA, 2011), dichos planes regulan y reglamentan el

desarrollo de la región de Tuxpan y Tecolutla. En 2009, ambas zonas fueron consideradas por la CONABIO como “sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica” (Lara-Domínguez *et al.*, 2009a y 2009 b).

2.2. Utilización de indicadores ecológicos.

En diversos trabajos se hace evidente la importancia del uso de indicadores, los cuales se han utilizado para medir el estado de conservación, restauración, y perturbación del ambiente (González-Valdivia *et al.*, 2011; Pozo de la Tijera, 2004; Pérez *et al.*, 2003), a nivel de especies, los indicadores ecológicos más comúnmente utilizados son las aves, porque entre muchos otros aspectos, son suficientemente sensibles para detectar señales de cambio, pueden reflejar tendencias de otros animales y plantas, fácil de estudiar, biología bien documentada y están distribuidas en una amplia gama geográfica (Chávez-León *et al.*, 2011; BirdLife, 2010; Pineda, 2008; TNC *et al.*, 2004; Cobar-Carranza, 2003; González-Ortega *et al.*, 2003). Otro grupo de especies importantes son los grandes felinos (por ejemplo, el Jaguar *Pantera onca*), para los cuales se argumenta que su conservación facilita indirectamente la preservación de otras debido a que necesita grandes zonas para vivir o que sus necesidades ecológicas abarcan grandes espacios, por lo que su presencia es usada como indicador de buen estado de conservación de los ecosistemas (Richard *et al.*, 2006; Manterola *et al.*, 201; TNC, 2004). Por otro lado, a nivel de comunidad se han utilizado a los peces (Aguilar-Domínguez, 2010; López-

Saavedra *et al.*, 2008) y anfibios (Rice *et al.*, 2009), hidrófitas enraizadas (Vega-Moro, 2005), pastizal inundable y tasistal, playas y dunas costeras, selvas, sistemas lagunares, hábitat pelágico y bentónico (Rodríguez-Reynaga *et al.*, 2007), ciénegas alimentadas por aguas subterráneas, bosques, púna húmeda, sistemas hídricos montanos y de pie de monte, páramos y sabanas de altura, ecosistemas lóticos, (TNC, INBIO, 2006). Dichos objetos de conservación, después del análisis de su viabilidad ecológica han sido integrados en planes de manejo, monitoreo y conservación de áreas naturales protegidas.

Considerando que los objetos de conservación representan el estado de la biodiversidad de un sitio, el análisis de viabilidad de éstos refleja el estado de salud de la misma y permite establecer, con mayor facilidad metas de conservación basadas en la ecología del objeto de conservación (Granizo *et al.*, 2006); ésta viabilidad se evalúa examinando el estado de los atributos ecológicos clave que son necesarios para que los objetos de conservación existan en primera instancia. Los atributos ecológicos claves son aspectos pivótales de los objetos de conservación que definen su integridad ecológica y pueden clasificarse en atributos de tamaño (medidas de abundancia, población o área del hábitat); condición (medidas de composición, estructura e interacciones bióticas); y contexto paisajístico (regímenes ambientales dominantes, atributos geográficos) (Valencia, 2005; TNC, 2005).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Utilizar al cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* como un elemento estratégico para la conservación de los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la abundancia, tamaño/estructura de la población, distribución y anidación del *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.
- Caracterizar y evaluar el hábitat del cocodrilo de pantano *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.
- Evaluar la presión humana que se ejerce sobre las poblaciones del cocodrilo de pantano *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.
- Evaluar la viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

4. ÁREAS DE ESTUDIO.

4.1. MANGLAR DE TUMILCO.

El Manglar de Tumilco (20°54'N a 20°56'30" N y 97°21'15" O a 97°18" O), que forma parte del Sitio Ramsar 1602 “Manglares y Humedales de Tuxpan”, se ubica en la Región Huasteca, en la Llanura Costera del Golfo de México en la Región Terrestre Prioritaria (RTP-103) para la Conservación de México, al Norte del Estado de Veracruz, a 10 km al oeste de la ciudad y puerto de Tuxpan (Fig.1). El tipo de Clima presente en esta zona es A (W₂). La precipitación total anual es de 1,341.7 mm. El suelo es de tipo Vertisol (Vp), Gleysol (Ge y Gv), y Regosol (Rc). Se puede encontrar vegetación correspondiente a pastizales naturales, manglar, encinar tropical y selva mediana subperennifolia (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011; Priego-Santander *et al.*, 2008; Basañez-Muñoz, 2005; INEGI, 2001). El grado de marginación económico-social es alto para el manglar de Tumilco, por lo tanto, la principal actividad económica que tienen las localidades aledañas son la cría y explotación de animales, seguida de la pesca, servicios relacionados con el transporte y por último la agricultura. Siendo el principal problema en la zona la falta de empleo, deficiencia de caminos o medios de transporte, irregularidad o disputa por la tenencia de la tierra y la carencia de infraestructura o servicios relacionados con el agua (INEGI, 2010).

4.2. CIÉNEGA DEL FUERTE.

Ciénega del Fuerte es un área natural protegida de competencia estatal, que fue decretada bajo la categoría de “zona sujeta a conservación ecológica”, está ubicada fisiográficamente en la llanura costera del Golfo de México, prácticamente a nivel del mar, en el Municipio de Tecolutla ($96^{\circ}56'$ a $96^{\circ}50'$ O y $20^{\circ}20'$ a $20^{\circ}13'$ N); cuenta con una superficie de 4269 ha (Fig. 1) y colinda al norte con la colonia agrícola ganadera Plan de San Luis y los ejidos Flores Magón y Vigüeta; al oeste, con el predio Santa Rosa, el ejido dos de Octubre y lotes de la colonia agrícola ganadera Plan de San Luis (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011; Gaceta oficial del Estado, 1999). Presenta un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. El suelo es de tipos Luvisol, Phaeozem, Regosol, Vertisol y Gleysol. Con un rango de precipitación de 1400 a 1600 mm. Los principales tipos de vegetación son el mangle, bosque de pantanos y ciénegas y fragmentos de selva baja subperennifolia (Moreno-Casasola *et al.*, 2010; Rodríguez-Luna *et al.*, 2011; INEGI, 2009; Gaceta oficial del Estado, 1999). Se tiene reportado un grado de marginación alto en las localidades aledañas a este espacio natural. La principal actividad económica es la agricultura, seguida de la pesca y los servicios de alojamiento temporal. Se registra como problema principal en la zona la falta de empleo, falta de drenaje y alcantarillado, y falta de infraestructura o servicios de agua (CONAPO, 2010; INEGI, 2010).

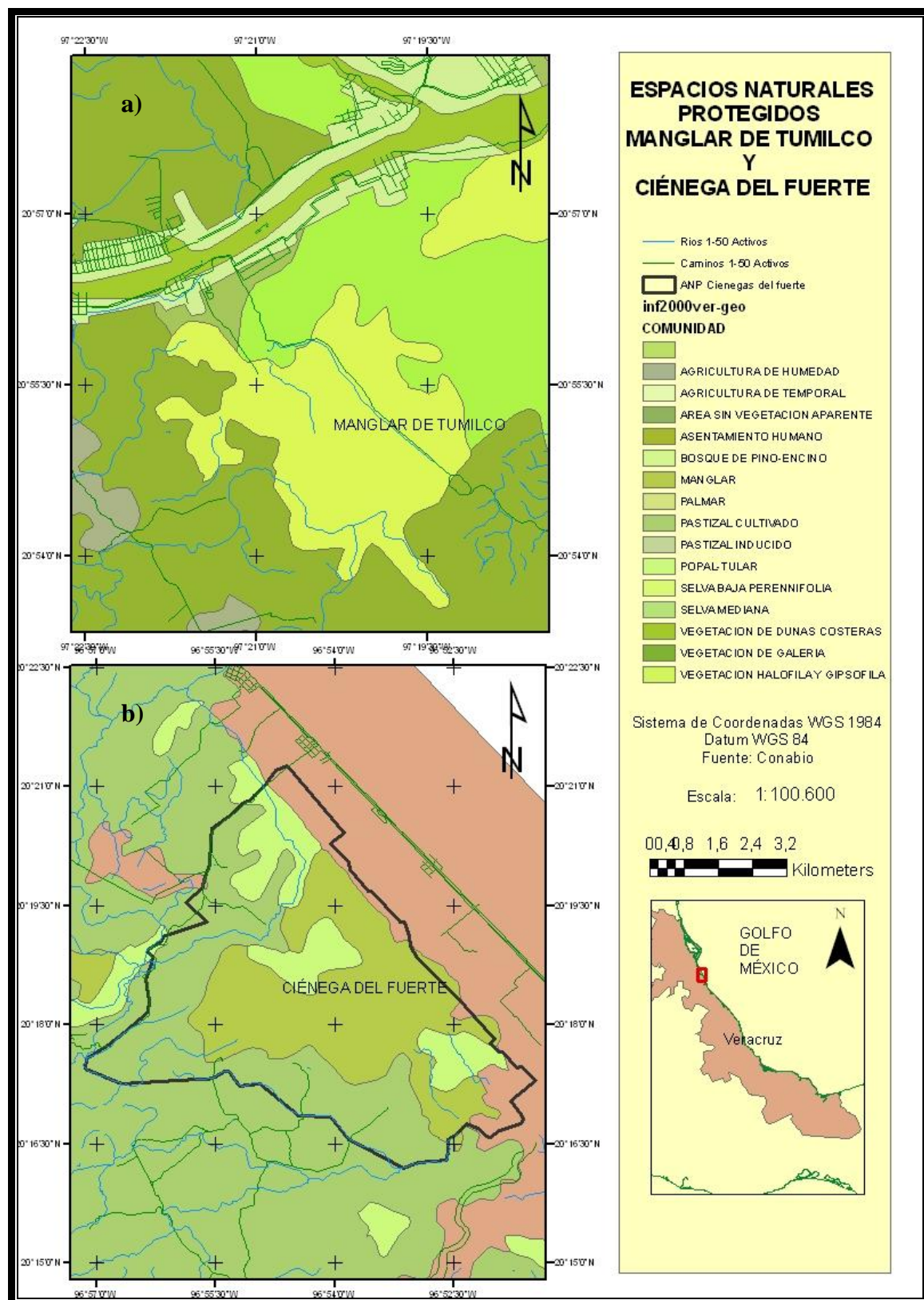


Figura. 1. Localización de dos ENPs en el Norte de Veracruz: a) Manglar de Tumilco en el Municipio de Tuxpan de Rodríguez Cano y b) Ciénega del Fuerte en Tecolutla.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1. Abundancia, tamaño/estructura de la población, distribución y anidación del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Se realizó un total 17 monitoreos nocturnos, entre los meses de marzo 2011-junio 2012. Los ENPs fueron divididos en sitios de monitoreo, recorriendo un total de 9.8 km en el Manglar de Tumilco y 8.9 km en Ciénega del Fuerte a bordo de una embarcación pequeña con motor fuera de borda y baja velocidad, con excepción del sitio Flores Magón, que por acuerdos de la cooperativa ecoturística que opera en el lugar, no se permite el uso de motores, por lo que la navegación fue a remo. Y un total de cuatro monitoreos diurnos en cada uno de los ENPs. El tiempo de recorrido implementado en cada cuerpo de agua varió de acuerdo a la longitud y navegabilidad de los mismos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distancia, tiempo de recorrido y velocidad promedio de los monitoreos realizados en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Cuerpo de agua	Distancia	Tiempo	Velocidad promedio aproximada en km/hrs.
Tumilco	4.65 km	3:30 hrs.	1
Chacoaco	5.15 km	3 hrs.	1
Flores Magón	2.40 km	1:30 hrs.	0.54
Arroyo Blanco	1.42 km	2 hrs.	1.40
Estero Tres Bocas	5.08 km	3 hrs.	0.59

La toma de datos fue realizada por un observador, el motorista y una persona de apoyo. Se utilizó la metodología de detección visual nocturna (Fig. 2), método ampliamente difundido, especialmente por que provee el dato esencial para reconocer tendencias de una población local (Sánchez, 2011), el cual consiste en la iluminación de la superficie del agua para localizar el reflejo de la luz en los ojos de los cocodrilos (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011; Cedeño-Vázquez y Pérez-Rivera, 2010; Rodríguez-Quevedo, 2009; García-Grajales *et al.*, 2007; Cherkiss *et al.*, 2005).

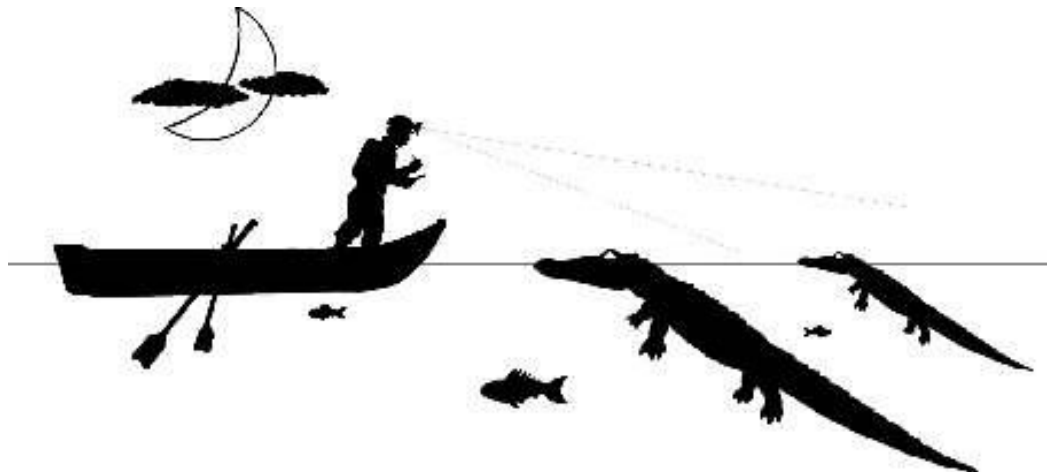


Figura 2. Detección visual nocturna de cocodrilos. (Tomado de Aguirre-León y Cázares-Hernández, 2009).

5.1.1. Abundancia.

En este trabajo se utilizó un índice de abundancia expresado en *tasa de encuentro* (Individuos/km), para obtener el total de cocodrilos presentes durante un muestreo. Para tal fin, se utilizó la formula **PE/Re**, donde: **PE**= Población estimada y **Re**= Recorrido (km).

5.1.2. Tamaño/estructura de la población.

Para obtener el tamaño poblacional (N) por sitio de monitoreo y clases de edad de los cocodrilos en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte se utilizó el método de la fracción visible propuesto por Messel *et al.*, (1981) aplicando la siguiente fórmula:

$$p = \frac{m}{(2s+m) 1.05}$$

Donde **p** es el porcentaje de la población observada durante un muestreo promedio, **m** es un valor promedio del número de cocodrilos observados y **s** es la desviación estándar.

Después de obtener la fracción visible, se obtuvo el tamaño de la población (N) con un límite de confianza del 95%, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{m}{p} + \frac{[1.96(s)]^{1/2}}{p}$$

Se estimó el tamaño de los cocodrilos avistados aproximando la embarcación lo más cerca posible de los individuos. A partir de los datos generados con la estimación de tamaños de los cocodrilos se agruparon en cinco rangos: clase I (Cría) < a .5m; clase II (Juvenil) de 0.51m a 1.0m; clase III (Sub-adulto) de 1.01m a 1.5m); clase IV (Adulto) >a 1.51 m; clase V Sólo ojos (SO) (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011; Cedeño-Vásquez y Pérez-Rivera, 2010; Domínguez-Laso,

2009). Se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre el número de cocodrilos avistados por clases. La estructura de la estimación de tallas se representó en graficas de acuerdo a la distribución mensual y por monitoreo total.

5.1.3. Distribución.

Se registró la ubicación geográfica de los cocodrilos avistados con la ayuda de un GPS (Sistema de Posición Global), utilizando *Datum* WGS84. A partir de lo anterior, se realizaron mapas con el programa Arc View 9, donde se registró la distribución de la especie en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

5.1.4. Anidación.

En el mes de junio 2011 y mayo-junio 2012, se recorrió el perímetro de los cuerpos de agua en busca de rastros visibles de la presencia de cocodrilos (lugares de descanso como asoleaderos, posibles veredas, resbaladeros). Una vez que se ubicaron éstas zonas, se procedió a recorrer el área en busca de nidos, mediante la visualización de neonatos, ya que estos indican áreas de anidación o áreas en que los nidos han tenido éxito en recientes épocas de reproducción (Villegas, 2011), también se buscaron rastros o huellas frescas en la vegetación, que lleven a identificar el montículo de hojarasca y otros materiales orgánicos. Una vez ubicado el nido, se registraron en una bitácora

de campo las siguientes características: material predominante (identificado con la ayuda de las publicaciones de Vázquez-Torres *et al.*, 2010; Meli y Carrasco-Carballido, 2011 y Conabio, 2011) con el que está constituido el nido, distancia con respecto al cuerpo del agua, diámetro mayor, menor y peso promedio de los huevos (Sánchez *et al.*, 2011). No se observó a las hembras custodiando los nidos, por lo que, el tamaño promedio de cada hembra nidificante, se calculó a partir del ancho de los huevos de cada nido, implementando la siguiente ecuación: $y = 0.12x + 29.6$ (López-Luna *et al.*, 2011). Donde y es el ancho del huevo y X la longitud hocico-cloaca de la hembra (LHC).

5.3. Calidad del hábitat del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

La evaluación del hábitat se realizó a través de un monitoreo diurno en cada ENP, considerando cada cuerpo de agua como un transecto lineal correspondiente al 100% de vegetación, donde, a partir de observaciones visuales, se asignó un porcentaje de ocupación de la vegetación dominante en dicho transecto al finalizar el recorrido (Fig. 3).

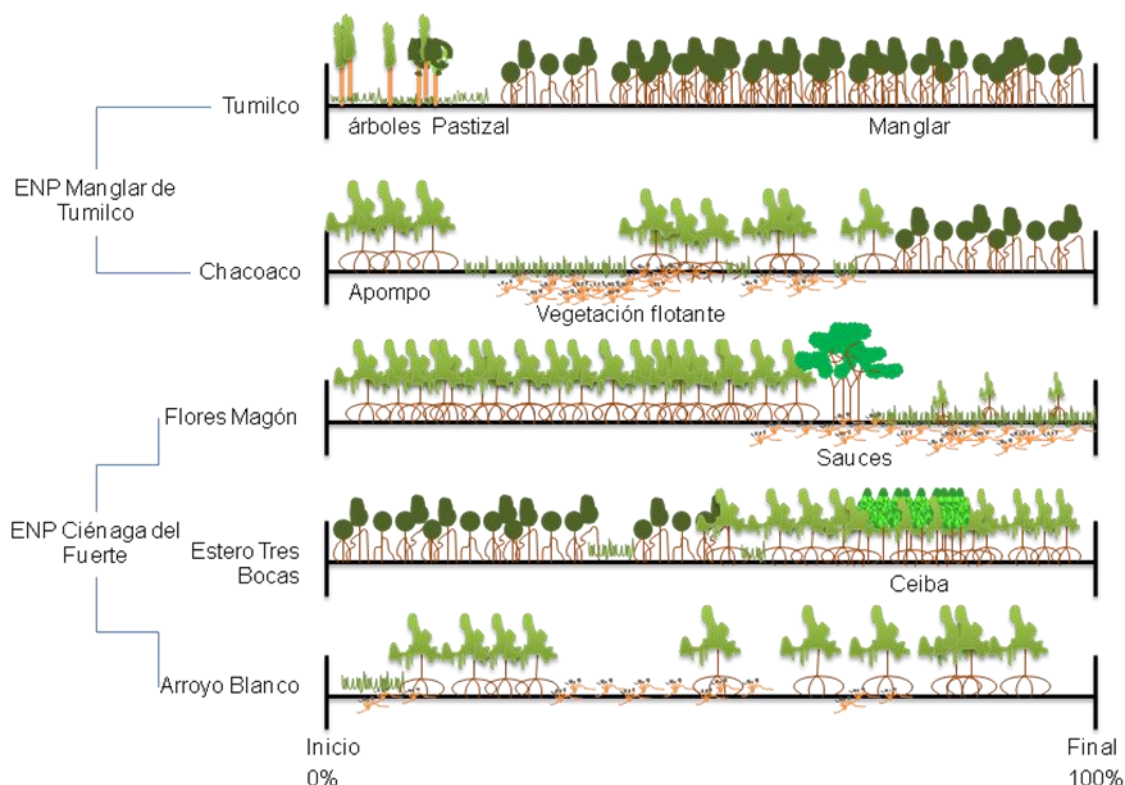


Figura 3. Vegetación dominante por sitio de monitoreo en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

A través de los resultados obtenidos en campo y de la observación directa del investigador, se aplicó la técnica de evaluación del hábitat descrita por Domínguez-Laso (2006) donde, a partir de una evaluación cualitativa del hábitat se asignó un valor a cada sitio de monitoreo; el valor fue asignado con base en la capacidad que dicho hábitat representaba para cubrir los requerimientos vitales de la especie (Cuadro 2); donde el “0” representa un hábitat en mal estado, ausencia o muy alterado y “5” representa buen estado del hábitat, presencia, mínima o nula alteración del hábitat. Después de obtener los valores correspondientes a cada hábitat se sumaron los resultados y se clasificaron de acuerdo a los siguientes rangos: excelente (20-25), apto (15-19), bueno (10-14), regular (5-9) y bajo (0-4).

Cuadro 2. Requerimientos vitales considerados para el estudio de los cocodrilianos.

Requerimiento biológico	Descripción
Refugio	Cobertura vegetal circundante, tipo de cuerpo de agua y accesibilidad humana.
Alimentación	Abundancia de especies como peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
Anidación	Presencia de nidos, zonas aptas para anidación y localización de neonatos o críos.
Crecimiento	Clases presentes en cada localidad.
Grado de conservación del ecosistema	Directamente con la apreciación del hábitat de la localidad, del área circundante y la presencia de asentamientos humanos.

5.3. Presión humana sobre las poblaciones del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Para estimar la magnitud del impacto de los asentamientos humanos sobre las poblaciones de cocodrilos cada cuerpo de agua evaluado en los ENPs, se calculó un índice de presión humana (PH_i), utilizando la fórmula propuesta por Rios (2009).

$$PH_i = P_i / D^2$$

Dónde P_i es el tamaño del núcleo de asentamiento humano más cercano al cuerpo de agua (No. de familias nucleares); D es la distancia del cuerpo de agua al núcleo de asentamiento humano más próximo (km).

Debido a que cada sitio de monitoreo está simultáneamente bajo la influencia o presión de varias localidades, éstas se agruparon de acuerdo a la accesibilidad

más corta a los cuerpos de agua de este estudio. Posteriormente se sumo el valor de la PH_i de cada una de las localidades que integran cada uno de los sitios y se obtuvo la presión humana total (PHT) por sitio de monitoreo.

Las variables de estudio PH_i (Test Kolmogorov-Smirnov D=0.45583; P<0.20) y abundancia (Test Kolmogorov-Smirnov D= 0.26986; P<0.15) difieren de la distribución normal. Se realizó un análisis de correlación no-paramétrica (Spearman), utilizando el programa STATISTICA versión 7, para evaluar la posible relación entre estas dos variables. De igual forma, se correlacionaron las proporciones de las clases I, II, III, IV y V.

5.4. Viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Para llevar a cabo la evaluación de la viabilidad ecológica de *C. moreletii*, se utilizó la metodología propuesta por Granizo y colaboradores (2006), dónde se seleccionaron los atributos ecológicos clave (AEC) e indicadores, que determinen la viabilidad del objeto de conservación en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte, de acuerdo a las categorías de contexto paisajístico, tamaño y condición (Cuadro 3). Los criterios para la selección de los AEC y sus indicadores se presentan en el anexo B.

Cuadro 3. Atributos ecológicos clave para evaluar la integridad ecológica de *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Atributo ecológico clave	Categoría	Indicador	Rango de variación permisible			
			Pobre	Regular	Bueno	Muy bueno
Tamaño de la población de cocodrilos	Tamaño	Abundancia (Ind/km) de cocodrilos.	<1 Ind/km	2-5 Ind/km	6-15 Ind/km	> 16 Ind/km
Anidación	Condición	Número de nidos	<2 nidos	3-10 nidos	11-20 nidos	>21 nidos
Estructura poblacional	Condición	Estructura poblacional por clases	Ausencia de la mayoría de las clases	Presencia y baja abundancia de algunas clases	Presencia de todas las clases	Presencia y abundancia de todas las clases
Hábitat potencial disponible	Contexto paisajístico	% de hábitat disponible	<60%	60%	90%	100%

A cada AEC se le asignó un valor jerárquico de **pobre**, **regular**, **bueno** y **muy bueno**, dependiendo del rango de variación permisible establecido en el cuadro 3. También se asignó un valor numérico, el cual sirvió para promediar el valor final de la viabilidad del cocodrilo de pantano en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores jerárquicos y numéricos utilizados para la evaluación de la viabilidad del objeto de conservación *C. moreletii*.

Valor jerárquico	valor numérico*
Muy Bueno	4
Bueno	3.5
Regular	2.5
Pobre	1
-	-

*El valor numérico corresponden a los algoritmos de puntuación y valor jerárquico utilizados en la herramienta de trabajo (bajo la configuración del programa Excel de Microsoft) titulada "libro de trabajo para la administración de proyectos de conservación; Una herramienta para el desarrollo de estrategias, la toma de decisiones y la medición del éxito" V. 6,0 (The Nature Conservancy, 2011).

6. RESULTADOS.

6.1. Abundancia, tamaño/estructura de la población, distribución y anidación del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

6.1.1. Abundancia.

Al relacionar la distancia de los recorridos con el número de avistamientos, se obtuvo que, la *tasa de encuentro* para el Manglar de Tumilco fue de 8.36 Ind/km, y para Ciénega del Fuerte fue 4.04 Ind/km. Las *tasas de encuentro* en el ENP Manglar de Tumilco oscilaron entre 0.19 Ind/km y 5.63 Ind/km con una media de 1.84 ± 1.86 Ind/km, y entre 0.78 Ind/km y 4.92 Ind/km para el ENP Ciénega del Fuerte con una media de 1.45 ± 1.42 Ind/km (Cuadro 5).

Cuadro 5. *Tasas de encuentro* por sitio y mes registradas en censos nocturnos para *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

				Tasa de encuentro (Ind/km)		
				Promedio		
ENP	Sitio de monitoreo	Mes	No. de registros	Mes	Sitio(±SD*)	ENP (±SD)
Manglar de Tumilco	Tumilco	jun-11	1	0.21	1.82±1.63	1.84±1.86
		sep-11	18	3.87		
		oct-11	4	0.86		
		dic-11	11	2.36		
	Chacoaco	mar-11	29	5.63	1.86±2.22	
		abr-11	3	0.58		
		may-11	1	0.19		
		jun-11	11	2.13		
		sep-11	4	0.77		

		may-11	5	2.08		
	Flores Magón	jun-11	4	1.66	1.52±0.63	
		may-12	2	0.83		
	Arroyo Blanco	abr-11	0	0	2.46±3.48	
Ciénega del Fuerte		dic-11	7	4.92		1.45±1.42
		mar-11	4	0.78		
	Estero Tres	dic-11	5	0.98	0.88±0.11	
	Bocas	mar-12	5	0.98		
		may-12	4	0.78		

*SD= desviación estándar.

6.1.2. Tamaño/estructura de la población.

Se obtuvo un total de 118 registros. 82 corresponden al ENP Manglar de Tumilco (media=9.11±9.37 cocodrilos) y 36 al ENP Ciénega del Fuerte (media=4±2 cocodrilos). Los resultados del monitoreo indican que la fracción visible de la población obtenida para el ENP Manglar de Tumilco es de 31.15% (porcentaje de la población que se observó durante el monitoreo), con un tamaño poblacional de 29.24±13.75 cocodrilos. Por otro lado, en el ENP Ciénega de Fuerte la fracción visible fue de 47.61% y obtuvo un tamaño poblacional de 8.40±4.15 cocodrilos. Por sitio de monitoreo, Chacoaco obtuvo un tamaño poblacional mayor al resto de los sitios, sin embargo, a través de un ANOVA, se comprobó que tales diferencias no son estadísticamente significativas (H=1.69, gl= 4, p>0.05) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tamaño poblacional (N), promedio de avistamientos (m), desviación estándar (SD) y fracción visible (p) por sitio de *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

	m (\pmSD)	p	N
Tumilco	8.5 \pm 7.59	0.3417	24.87 \pm 11.29
Chacoaco	9.6 \pm 11.48	0.2808	34.19 \pm 16.89
Flores Magón	3.6 \pm 1.52	0.5195	7.06 \pm 3.33
Arroyo Blanco	3.5 \pm 4.94	0.2488	14.07 \pm 12.52
Estero tres bocas	4.5 \pm 0.57	0.7579	5.94 \pm 1.4

La figura 4 muestra el tamaño poblacional por clases, donde, la distribución de las clases en el sitio Tumilco estuvo representada por un 20.58% de crías, 35.29% de juveniles, 29.41% de subadultos y un 14.70% de adultos; el sitio Chacoaco a diferencia de los otros sitios, es el que tuvo mayor porcentaje de crías (58.33%), seguido de los juveniles (20.83%) y con un 12.5% y 8.33% los subadultos y adultos respectivamente; en Arroyo Blanco, la clase con mayor porcentaje fue la correspondiente a los juveniles (42.85%), mientras que, las clases I y III estuvieron representadas por un 28.57%; el sitio Flores Magón estuvo mayor representado por la clase II (36.36%), seguida de la clase I y III (27.27% cada una) y la clase IV con un 9.09%; en el sitio Estero Tres Bocas, las clases I y IV obtuvieron mayor porcentaje (27.77% cada una) seguidas de las clases III y V (16.66%) y en menor proporción la clase II (11.11%). Ver Anexo D.

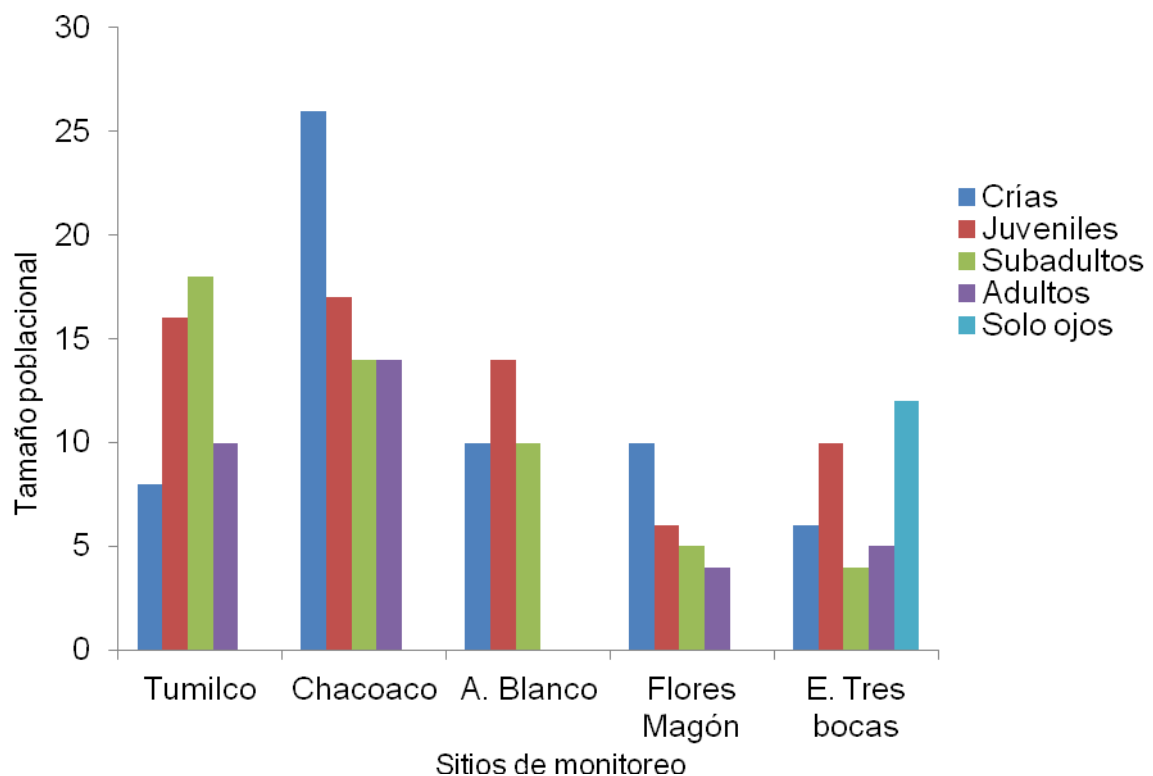


Figura 4. Tamaño poblacional por clases y sitio de monitoreo, en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

La estructura poblacional del *C. moreletii* en el Manglar de Tumilco está distribuida en las primeras clases de tamaño: Crías = 42.68%, seguida de los juveniles con un 26.83%, sub-adultos (19.51%) y con una menor incidencia de adultos (10.98%). En el ANP Ciénega del Fuerte la población mayor representada fue la de juveniles (30.56%) seguida de las crías (27.78%) y en menor proporción sub-adultos (19.44%), adultos (13.89%) y sólo ojos (8.33%), figuras 5 y 6. No se registraron diferencias significativas entre la cantidad de crías (clase I) y juveniles (clase II; Wilconxon $z=0.47$, $p>0.05$) y crías y subadultos registrados (clase III; Wilconxon $z=1.86$, $p>0.05$) en ambos ENPs, sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre las crías y adultos

(clase IV; Wilconxon, $z=2.12$, $p<0.05$) y crías y solo ojos (clase V; Wilconxon, $z=2.74$, $p<0.05$).

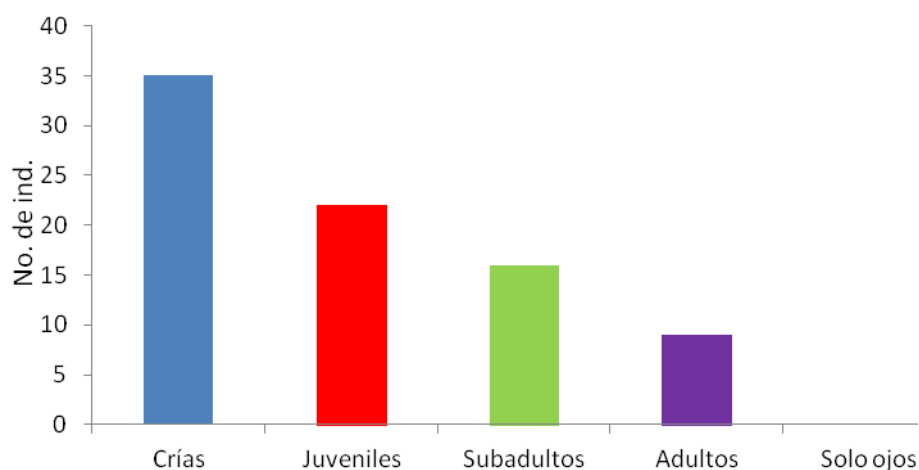


Figura 5.- Estructura de la población de *C. moreletii* en el ENP Manglar de Tumilco, municipio de Tuxpan, Ver.

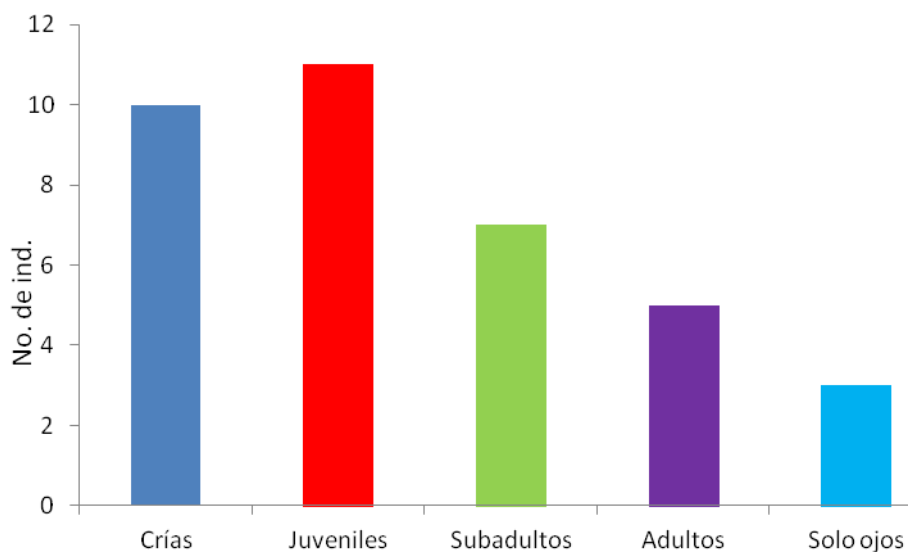


Figura 6. Estructura de la población de *C. moreletii* en el ENP Ciénega del Fuerte, municipio de Tecolutla.

6.1.3. Distribución.

A partir de las coordenadas obtenidas en campo sobre los avistamientos de *C. moreletii*, en el ENP Manglar de Tumulco se observó a esta especie en distintos puntos del cuerpo de agua con vegetación de manglar, tular, pastizal cultivado y zonas con agricultura (Fig. 7). La distribución de los cocodrilos en el ENP Ciénega del Fuerte de acuerdo a los sitios de monitoreo, se encuentran mayor distribuidos en las áreas de Flores Magón y Estero Tres Bocas, zonas que de acuerdo al Ordenamiento Ecológico del río Bobos se encuentran clasificadas como “conservación de área natural” y “restauración de área natural”, con vegetación de manglar, popal-tular, pastizal cultivado y agricultura de temporal en la ribera de los esteros (Fig.8).

La distribución mensual de los cocodrilos en el ENP Manglar de Tumulco durante el período de estudio (Fig. 9), mostró que marzo, presentó el mayor número de individuos observados; mientras que el menor se presentó en junio y mayo (ambos con 1 individuo). Para Ciénega del Fuerte diciembre fue el mes con más observaciones, seguido de mayo; en el mes de abril no se registraron avistamientos (Fig. 10). Se obtuvieron diferencias significativas entre el número de cocodrilos observados por mes (Wilcoxon, $z=3.72$, $p<0.05$).

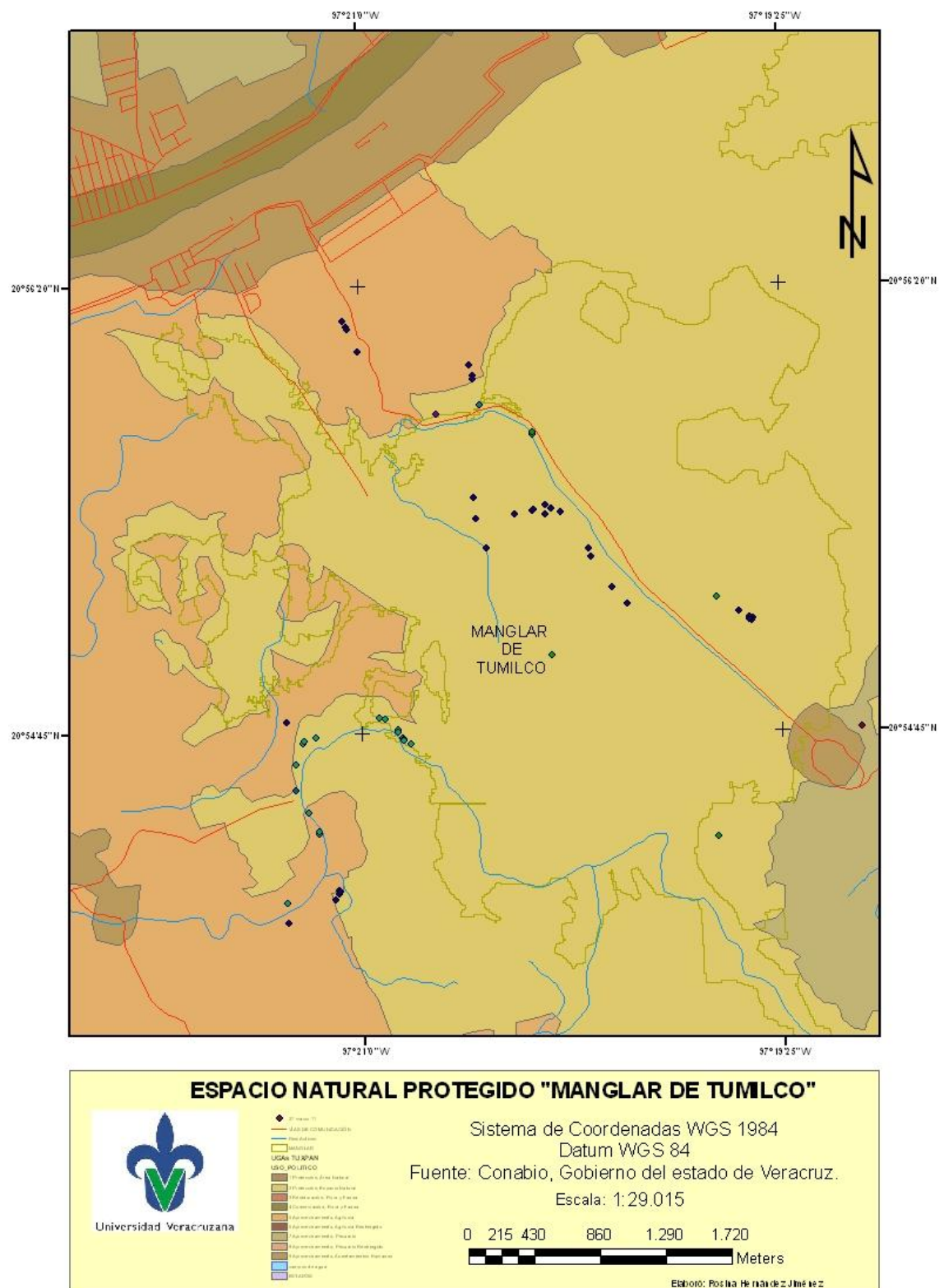


Figura 7. Distribución del *C. moreletii* en el Manglar de Tumulco, Tuxpan, Ver.

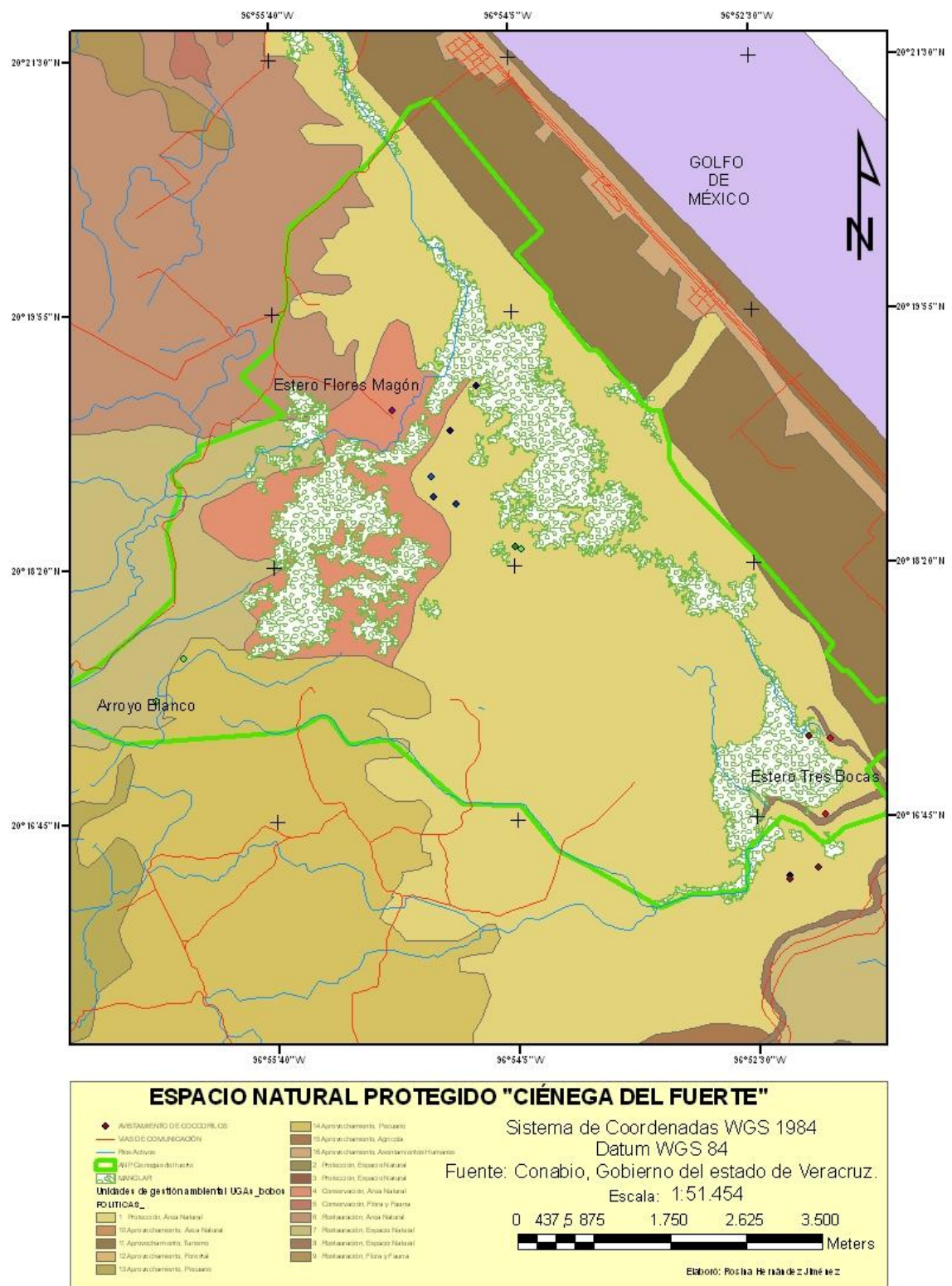


Figura 8. Distribución del *C. moreletii* en el ENP Ciénega del Fuerte, municipio de Tecolutla.

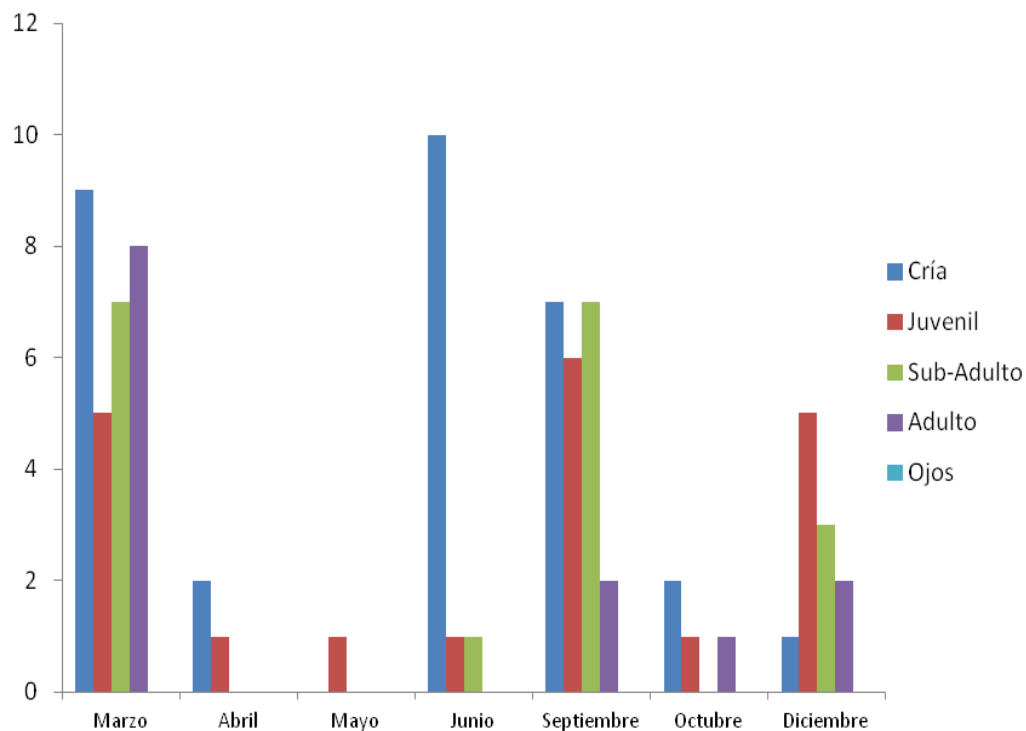


Figura 9. Distribución por mes y estructura poblacional del *C. moreletii* en el ENP Manglar de Tumulco, Tuxpan, Ver.

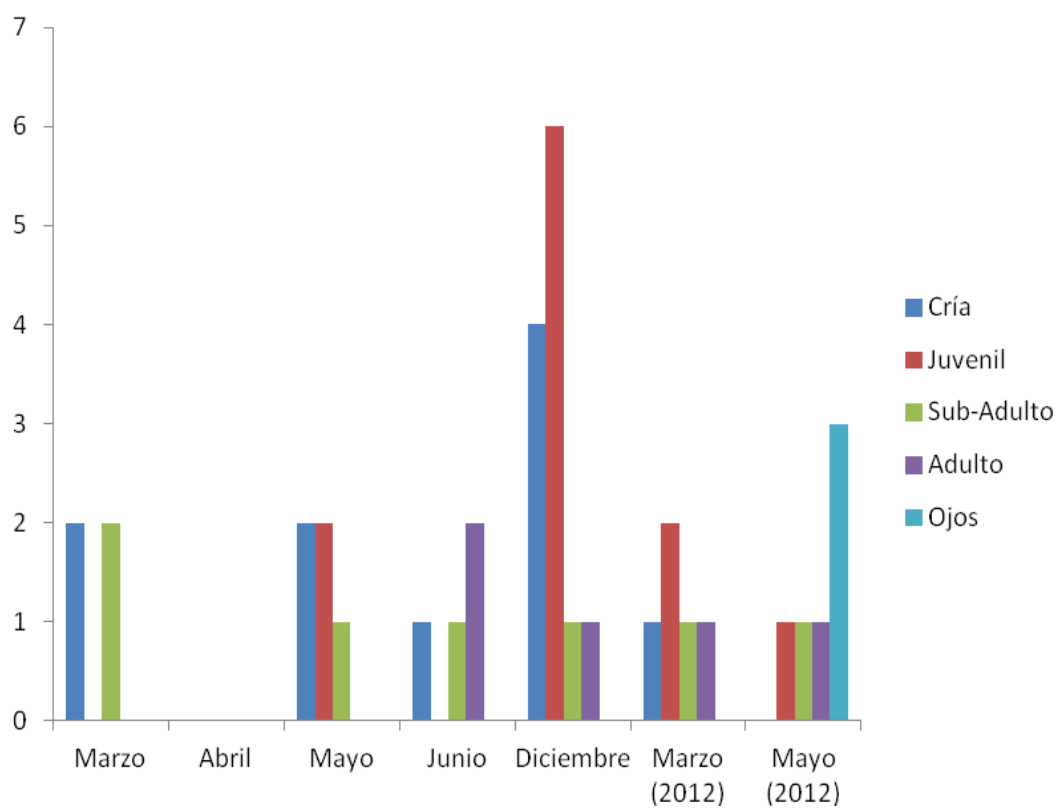


Figura 10. Distribución por mes y estructura poblacional del *C. moreletii* en el ENP Ciénega del Fuerte, Tecolutla, Ver.

6.1.4. Anidación.

En junio de 2011, se registró la presencia de un nido en Manglar de Tumilco, el cual estaba inactivo (abandonado y sin huevos), por lo que no se le tomaron los datos correspondientes. Sin embargo, en el mes junio 2012, se localizó la presencia de tres nidos. El tamaño de la nidada varió de 25-43 (media= 33 ± 9.16) huevos por nido, los cuales se encontraban en su última fase de desarrollo embrionario, misma que se determinó gracias a la presencia de una banda opaca en los huevos (Fig. 11). La ubicación de los nidos y sitios potenciales de anidación con base en rastros de marcas de asoleos, traslados, entre otros, se muestran en la figura 12.



Figura. 11. Banda opaca en un huevo de *C. moreletii* localizado en el ENP Manglar de Tumilco, municipio de Tuxpan, Ver.

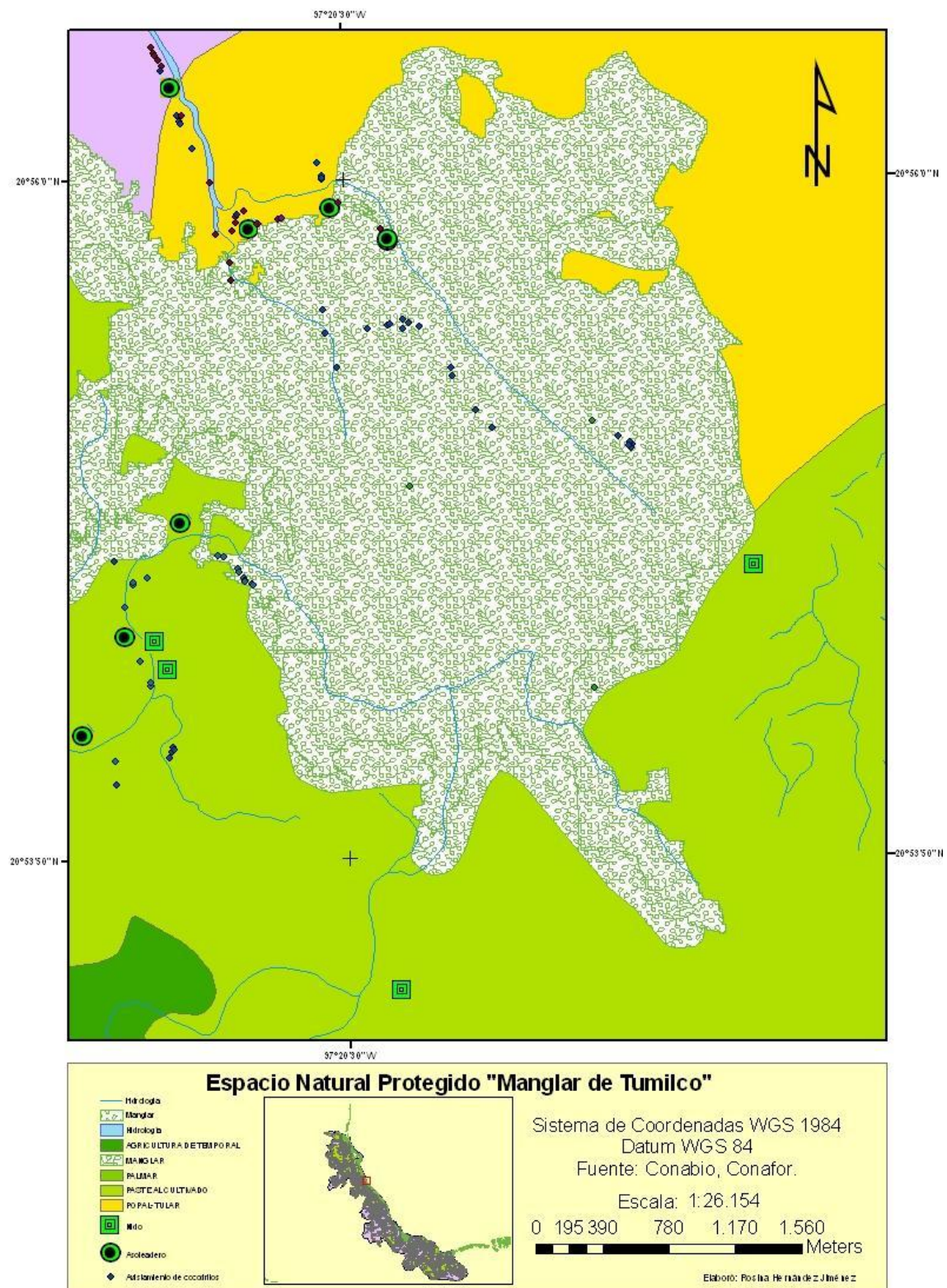


Figura 12. Localización de nidos, y asoleaderos de *C. moreletii* en el ENP Manglar de Tumilco.

El peso de los huevos varió de 57.17 a 74.86 gr (media=68.43±9.77gr), una longitud promedio de 68.69±1.92 mm y el ancho promedio fue de 42.44±1.61 mm. La distancia de los nidos al cuerpo de agua vario, siendo 2.58 m la menor y la mayor de 24.9 m (media=10.57±12.43 m). El material predominante con el que estuvieron contruidos los nidos fue de pasto, hojarasca, y ramas de *Bursera simaruba*, *Pachira aquatica*, *Ficus sp*, *Guazuma ulmifolia*, *Stemmademia donnell-smithii* (Fig. 13). La LHC de las hembras obtenido a través del ancho de los huevos fueron de 93 cm, 108.08 cm, y 119.83 cm.



Figura 13. a) Nido de *Crocodylus moreletii*; b) cueva y c) huevos localizados en el ENP Manglar de Tumilco.

La búsqueda de nidos en el ENP Ciénega del Fuerte se realizó en los meses de junio 2011 y mayo 2012. No se localizó la presencia de nidos. Sin embargo, en su estructura poblacional se reporta la presencia de crías, por lo que la identificación de los nidos pudo pasar desapercibida al momento del monitoreo.

6.2. Calidad del hábitat del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

De acuerdo a los transecto lineales establecidos previamente en cada cuerpo de agua, se identificó al inicio del sitio Tumilco la presencia de pastizal halófilo, espartal *Spartina spartinae*, tular *Typha domingensis*, árboles como: palo mulato *Bursera simaruba*, volador *Virola guatemalensis*, chote *Parmentiera aculeata*, cedro *Cedrela odorata*, chijol *Piscidia piscipula*, quienes en conjunto forman un mosaico de vegetación riparia que cubre aproximadamente un 25 % de orilla, seguido de un 75% de especies de manglar, mientras que, para el sitio Chacoaco, se observó al inicio del transecto un mosaico de árboles de apompo *Pachira aquatica* (60%), pasto introducido (15%), vegetación herbácea como lo es lechuguilla *Pistia stratiotes*, lirios *Eichhornia crassipes*, *Nymphaea ampla*, lentejilla *Lemna sp.*, junco *Cyperus articulatus*, cola de pato *Sagittaria lancifolia* (5%) y al finalizar el transecto se observó un 20% de manglar (Fig. 14).



Figura 14. Diferentes tipos de vegetación registrados en el ENP Manglar de Tumilco donde: a) Vegetación flotante; b) Selva inundable dominada por apompo; c) zona de manglar.

Con respecto al hábitat de *C. moreletii* en el ANP Ciénega del Fuerte, se identificó en el sitio Flores Magón la presencia de selva inundable dominada por apompo *Pachira aquatica* (65%) y ceibas *Ceiba pentandra* (15%), acompañada de vegetación como platanillo *Thalia geniculata*, junco *Cyperus articulatus*, lechuga *Pistia stratiotes*, lirio *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides indica*, que en conjunto forman un 20% de hábitat; Asimismo, en la parte de restauración del área natural se observó un manchón de sauce *Salix humboldtiana*. En el sitio Arroyo Blanco los porcentajes en cuanto a la vegetación flotante fue del 80%, y el 20% de pastizal. Para el Estero Tres Bocas sólo se visualizó la presencia de manglar (75%), selvas inundables

dominadas por ceibas *Ceiba pentandra* (5%) y apompo *Pachira aquatica* (20%), Fig. 15.

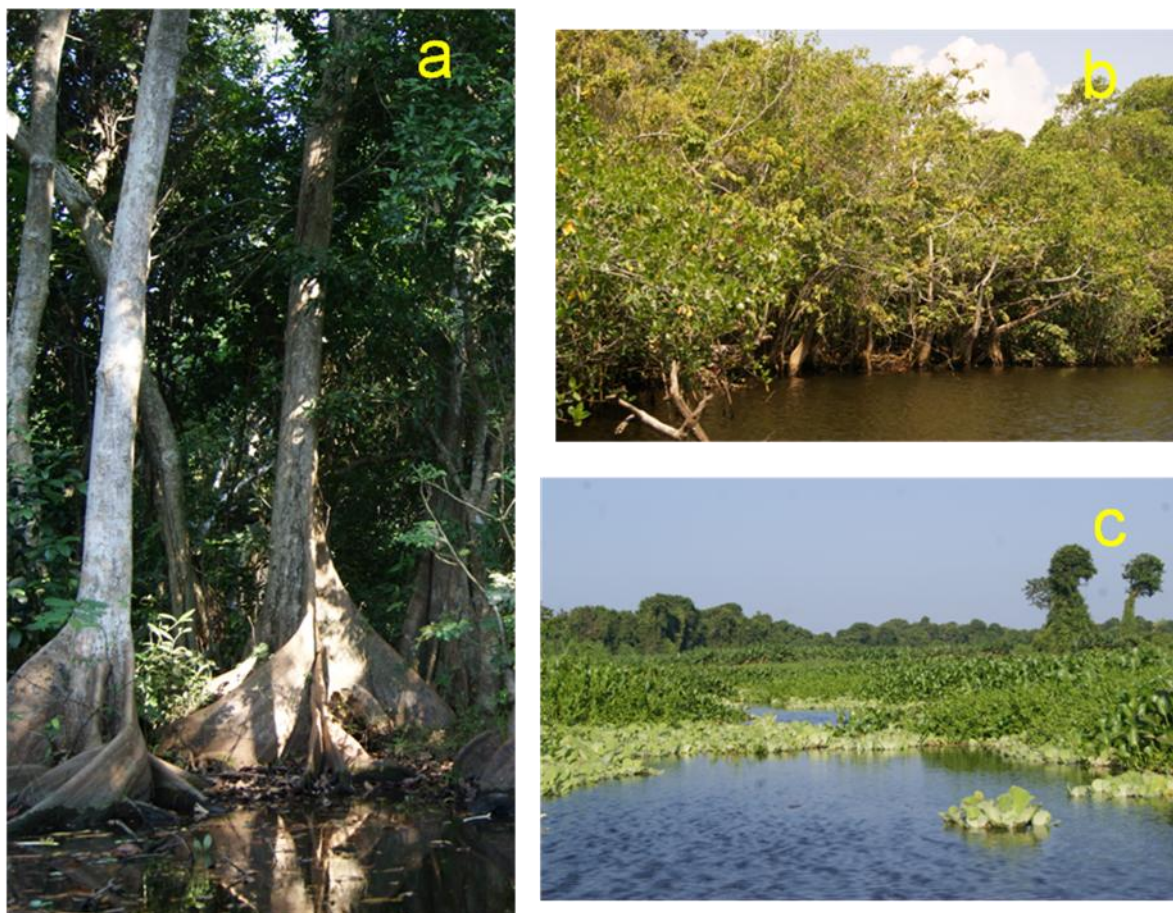


Figura 15. Tipos de vegetación registrados en el ANP Ciénega del Fuerte dónde: a) Selva inundable dominada por apompo, b) Selva inundable dominada por ceibas, y c) Vegetación flotante.

Con base en el sistema de puntuación, correspondiente al método descrito por Domínguez-Laso (2009), la estimación de la calidad del hábitat realizada en el ENP Manglar de Tumilco, resulto “excelente”, durante la evaluación de los requerimientos biológicos del cocodrilo de pantano se localizó la presencia de tres cuevas, nidos y asoleaderos, y para el ENP Ciénega del Fuerte presentó un estado de conservación “apto” (Cuadro 7).

Cuadro 7. Evaluación del hábitat realizada en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

ENP	LOCALIDAD	ACT. HUMANA					IMPACTO					SUMA	CARACT.
		PS	GN	AG	TS	DI	Ref	Al	An	Cr	Cn		
Manglar de Tumilco	Tumilco	x	x		x	x	5	5	5	5	3	23	Excelente
	Chacoaco	x	x	x			4	5	5	5	3	22	Excelente
Ciénega del Fuerte	Flores Magón	x	x	x	x		5	4	2	1	4	16	Apto
	A. Blanco	x	x				3	4	2	4	3	16	Apto
	E. Tres Bocas	x	x	x			5	4	2	4	4	19	Apto

ENP= Espacio Natural Protegido, CARACT.= Caracterización, PS =pesca, GN= ganadería, AG= agricultura, TS= turismo, DI= Desarrollo industrial, Ref=refugio, Al= alimentación, An= anidación, Cr= crecimiento, Cn= conservación del ecosistema.

6.3. Presión humana sobre las poblaciones del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Las localidades más cercanas a los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte se presentan en el cuadro 8. Las comunidades de Antonio Martínez, Cuba, Ejido el Pital y las Palmas, que se localizan dentro del polígono del ANP Ciénega del Fuerte, fueron excluidos de este análisis por no contar con información sobre el número de habitantes.

Cuadro 8.-Asentamientos humanos aledaños a los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte, que se usaron para evaluar la presión humana en el área de estudio. El número de habitantes se basa en datos del INEGI (2010).

Centro Poblado	Población Humana	Distancia aprox. (Km)
ENP Manglar de Tumilco		
Cerro de Tumilco	64	0.2
Cobos	587	1.5
Chacoaco	562	5.7
La Victoria (La Peñita)	1677	4.3
Cuatro Ciénegas	13	6.5
Estero Tumilco (Puente de Tecomar)	19	0.2
Países Bajos (Kilómetro 8)	954	3.14
ENP Ciénega del Fuerte		
El Fuerte de Anaya	693	4.5
La Guadalupe	1255	6.8
Monte Gordo	721	3
Ricardo Flores Magón	955	4.3
La Vigüeta	614	3.14
Dos de Octubre	213	5
Los puentes	2	2.27
El Palmar	-	
Antonio Martínez	-	
Cuba	-	
Ejido el Pital	-	
Las palmas	-	

El índice de presión humana (PH_i) para los cinco sitios de monitoreo fluctuó entre 42.74 y 2426.59 (Cuadro 9). La correlación de Spearman realizada entre los valores de PH_i y la abundancia de cocodrilos por sitio de monitoreo, no mostro ninguna asociación entre estas dos variables en ambas zonas de estudio ($R=-0.50$, $p>0.05$).

Cuadro 9. Presión humana total (PHT) e índice de abundancia promedio de cocodrilos en las secciones monitoreadas de los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Sitio	PH _i	No. Observaciones	Abundancia (Ind/km)
Tumilco	2426.59	34	1.82
Chacoaco	114.36	48	1.86
Flores Magón	78.79	11	1.52
Arroyo Blanco	42.74	7	2.46
E. Tres Bocas	142.39	18	0.88

Al correlacionar los valores de PH_i y las observaciones registradas por las clases I,II,III y V no se encontró ninguna relación, sin embargo, se encontró una correlación entre la clase IV y la PH_i ($R=0.97$, $p<0.05$), Cuadro 10.

Cuadro 10. Coeficientes de correlación de Spearman entre las clases I, II, III, IV, V y PH_i.

	N	Spearman		
		R	t (N-2)	p-level
Clase I & PH _i	5	0.70	1.70	0.19
Clase II & PH _i	5	0.40	0.76	0.50
Clase III & PH _i	5	0.82	2.49	0.09
Clase IV&PH _i	5	0.97	7.55	*0.00
Clase V & PH _i	5	0.35	0.65	0.56

*Efectos marcados son significantes con $p<0.05$.

6.4. Viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

En cuanto al valor del objeto de conservación, según su contexto paisajístico, condición y tamaño, se observa que en el ENP Manglar de Tumilco, a nivel de contexto paisajístico y condición, presentan un valor **regular**, mientras que el de tamaño obtuvo un valor de **bueno**. Sin embargo, en el ENP Ciénega del Fuerte a nivel de condición se presentó un valor de **pobre** y el resto obtuvo un valor de **regular**. La calificación general para el objeto de conservación en los ENPs obtuvo un resultado de **regular** (Anexo C), notándose la ausencia de valores como **muy bueno**, lo cual expresa la necesidad de realizar trabajos de conservación con el fin de mantener o mejorar sus niveles de viabilidad. En el cuadro 11, se muestra el resumen del análisis de viabilidad del cocodrilo de pantano.

Cuadro 11. Resumen de la viabilidad del objeto de conservación *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Objeto de conservación	Contexto paisajístico	Condición	Tamaño	Valor jerárquico de viabilidad actual
<i>Crocodylus moreletii</i>				
Manglar de Tumilco	Regular	Regular	Bueno	Regular
Ciénega del Fuerte	Regular	Pobre	Regular	Regular
Viabilidad del objeto de conservación				Regular

7. DISCUSIÓN.

Las *tasas de encuentro* registradas en este trabajo de investigación se consideran altas al compararlas con las reportadas en México para el estero La Victoria (1.3 Ind/km), estero de la Cruz (1.4 Ind/km) (Domínguez-Laso, 2006), Chacoaco (5.4 Ind/km) (Hernández-Jiménez, 2009), Tumilco (5 Ind/km), río Tuxpan (Ind/km), Canal Norte de Tampamachoco (1 Ind/km), Estero el negro (0.8 Ind/km) (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011), así como las reportadas para el parque nacional Laguna del Tigre en Guatemala (4.3 Ind/km) (Castañeda-Moya, 2000), y norte de Belice (1.55 Ind/km) (Platt y Thorbjarnarson, 2000; Abercrombie *et al.*, 1980). Sin embargo, aún están por debajo de las densidades citadas por Sánchez-Herrera y colaboradores (2011) de 10.8, 16.44 y 20 Ind/km para Arroyo San Vicente, Chichancanab, Laguna Nixtamalapan, respectivamente, y sistema lagunar Esmeralda con 44.4 Ind/km (Cedeño-Vázquez y Pérez-Rivera, 2010).

Las densidades altas reportadas para Laguna Nixtamalapan y sistema lagunar Esmeralda se relacionan directamente con los programas de conservación de la población del cocodrilo de pantano que se han llevado a cabo a lo largo de varios años en la parte sur del Golfo de México (Domínguez-Laso, 2006). Es probable que las diferencias presentadas en las *tasas de encuentro* dentro de los ENPs Manglar de Tumilco (8.36 Ind/km) y Ciénega del Fuerte (4.04 Ind/km), estén influenciadas por la situación que guarda la población local (Sánchez, 2011), el número indeterminado de cocodrilos que escapan a la detección

visual del investigador, a un hábitat muy extenso, tipo de vegetación, al tipo de cuerpo de agua, nivel hídrico, navegabilidad y dificultades de acceso a cada uno de estos cuerpos de agua (Cedeño-Vázquez y Pérez- Rivera 2010; Seijas, 2001).

Por otro lado, la discrepancia entre las *tasas de encuentro*, también puede estar afectada por el número de sitios de monitoreo propuestos para cada ENP (dos en el Manglar de Tumilco y tres para Ciénega del Fuerte), así como el número de replicas del muestreo en cada sitio (Antelo *et al.*, 2008), distancia y tiempo de recorrido (Ver cuadro 5).

En estado silvestre, las tasas de encuentro promedio conocidos para el cocodrilo de pantano oscila entre los 2.07 a 3.16 Ind/km (Sánchez, 2011; Sánchez-Herrera *et al.*, 2011; Platt y Thorbjarnarson, 2000), estas cifras sugieren que las poblaciones de cocodrilos de pantano se encuentran estables dentro del rango de distribución natural, sin embargo, cuando se realizan monitoreos a gran escala (Proyecto COPAN, Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano México-Belice-Guatemala), sólo se consideran puntos o regiones claves para el investigador, dejando omisiones en el monitoreo de algunas poblaciones, como es el caso de Ciénega del Fuerte y entre otras muchas localidades, que aun no han sido estudiadas, y que probablemente no se encuentran estables y que requieren de estrategias de conservación para su recuperación, por lo que se sugiere el monitoreo de poblaciones locales con mayor periodicidad, para conocer los cambios que surgen en ella.

En el Manglar de Tumilco como en Ciénega del Fuerte, la estructura poblacional de *C. moreletii* está distribuida en las primeras clases de edad que se encuentran integradas por crías y juveniles, seguida de subadultos y en menor proporción los adultos, este tipo de estructura poblacional ha sido observada por Rueda-Cordero (2011) y Gómez (2003), en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco (Laguna totalmente urbanizada que cuenta con proyectos de conservación y protección de los cocodrilos), de igual forma, se asemeja a las reportadas para *Crocodylus acutus* en la costa pacífica de Costa Rica, donde la mayoría de los animales registrados fueron crías y juveniles (Mauger *et al.*, 2012) y difiere de la reportada por Cedeño-Vázquez, Ross y Calmé (2012) para el sur de Quintana Roo, donde, la estructura poblacional de *C. moreletii* está representada por subadultos, juveniles y adultos y en menor proporción las crías.

La abundante presencia de crías, con respecto a los individuos de otras tallas, refleja una población saludable, estable (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011) e indica el éxito reproductivo de la especie (Urdaneta y Barros, 2006). Sin embargo, los porcentajes relativamente menores de adultos sugieren, que podrían existir factores como: cacería, muerte por pesca incidental o desplazamiento de animales en busca de territorio (Castañeda-Moya *et al.*, 2000).

Es probable que la distribución y el tamaño poblacional de cocodrilos en el ENP Manglar de Tumilco resultara mayor al de Ciénega del Fuerte, debido que puede existir la presencia de cocodrilos del manglar de Tampamachoco y

Jácome, que podrían utilizar el río Tuxpan como canal de navegación, para trasladarse de un cuerpo de agua a otro en busca de espacios adecuados para la alimentación y/o reproducción, territorio o zonas de anidación (Cupul-Magaña, 2012).

También puede influir la mayor extensión territorial que tiene Ciénega del Fuerte con respecto al Manglar de Tumilco, y la aportación hídrica de los esteros Flores Magón, Arroyo Blanco y Estero Tres Bocas, que mantienen inundado el área la mayor parte del tiempo, provocando que los cocodrilos que se encuentran en pequeños cuerpos de agua aislados dentro de la misma zona, se desplacen ocasionalmente a través del humedal siguiendo pequeños diques formados por las lluvias, pero que no son accesibles para el investigador.

Aunque *C. moreletii* se distribuye en todo el cauce del estero Tumilco, se observó más en las zonas donde la vegetación ha sido modificada para la extensión de cultivos y zonas ganaderas, mientras que en Ciénega del Fuerte en zonas donde el dosel y la vegetación acuática se cerraban, no se pudo observar cocodrilos, ya que estos prefieren hábitats protegidos, tales como canales y estanques de acuerdo con lo reportado por Cherkiss y colaboradores (2011). El no encontrar a la hembra custodiando el nido, puede deberse a varios factores clave como: que al momento de encontrar el nido coincidieron los tiempos en que la hembra haya salido a comer, los nidos están muy bien escondidos entre la vegetación ó muy alejados del cuerpo de agua, la hembra

no ha tenido ningún enfrentamiento con los humanos u otro depredador, que se confía y abandona el nido por un tiempo considerable (López-Luna *et al.*, 2011).

El tamaño de los nidos y de las nidadas, difiere de los citados por Escobedo-Galván y colaboradores (2011) para Ciénega de Cabezas. Se encontraron tres nidos muy cerca de la orilla del estero y dos alejados del cuerpo de agua. Éste patrón de dispersión ha sido observado en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco (López-Luna *et al.*, 2011). La ubicación de los nidos indica que en la zona existe alteración y compactación del suelo por la presencia humana, provocando que la hembra se aleje en busca de terrenos adecuados para anidar, por lo tanto, el material que constituye el nido depende de lo que la hembra encuentre en los alrededores donde habita.

El tamaño de las hembras reproductoras obtenido en este trabajo, se encuentra dentro de las longitudes (81 y 100 cm LHC) reportadas por Casas-Andreu, Barrios-Quiroz y Macip-Ríos (2011) y difieren de las citadas por Casas-Andreu y Rogel-Bahena (1986) quienes obtuvieron un tamaño promedio de 2.19 ± 0.15 . Trabajos como el de López-Luna *et al.*, (2011), Cupul-Magaña y Aranda-Mena (2005) sugieren que al incrementar de tamaño la hembra a lo largo del tiempo, el tamaño de la nidada, el ancho de los huevos, el tamaño de los neonatos y la madurez sexual serían mayores (Casas-Andreu, 2003). Sin embargo, Platt y colaboradores (2008) reportan lo contrario para Belice, donde, el tamaño de los nidos no depende de la madurez sexual de la hembra, si no del tipo de material

con el que esté construido el nido, siendo que, los montículos hechos con *Thypha* tienden a disminuir en talla con el proceso de anidación, debido a la rápida descomposición de esta planta.

La vegetación predominante en Tumilco como en el ANP Ciénega del Fuerte fue muy similar aunque en diferente proporción. En Estero Tumilco se ve muy marcado los cambios de vegetación, encontrando así en la parte baja del estero vegetación flotante, y en Ciénega del Fuerte no hay una secuencia marcada, esto indica que las comunidades de plantas de humedales se distribuyen de acuerdo a su tolerancia a la sal y a la inundación (Moreno-Casasola *et al.*, 2010; Cruz-Lucas, 2010). En la evaluación del hábitat se determinó para ambas zonas de estudio un hábitat apto para las poblaciones de cocodrilos de pantano.

Sin embargo, es importante considerar que la perturbación de los hábitats es la más significativa amenaza para la sobrevivencia de las poblaciones faunísticas silvestres (Zolotoff-Pallais y Medina, 2005) por lo que, la vegetación juega un papel muy importante en el mantenimiento de la diversidad biológica, ya que es la fuente de alimento de muchos animales y un lugar propicio para la anidación y refugio de diversos taxa. La destrucción de la vegetación en la ribera del estero para fines ganaderos o para expandir los cultivos agrarios, podría abrir vías de acceso hacia los sitios donde los animales permanecen, causando vulnerabilidad de la especie frente a los humanos.

Este proceso de deforestación a largo plazo puede traer problemas de sedimentación excesiva de materiales, así como una inadecuada regulación de los niveles de agua; influyendo en la cantidad de alimento primario disponible y en la escasez de hábitat para la reproducción, fragmentación de la población, disminución de sitios para la anidación (Machkour-M'Rabet *et al.*, 2009) y condición corporal del cocodrilo de pantano (Mazzotii *et al.*, 2012).

En México no existen trabajos relacionados con la evaluación de la presión humana (PH_i), sobre las poblaciones del *C. moreletii*, por lo que, los resultados de este trabajo de investigación se han comparado con los realizados en otras especies de cocodrilianos. La fluctuación de valores que tuvo la PH_i se debe al número de habitantes en cada localidad y la distancia que tiene este con respecto al cuerpo de agua, no se encontró una relación estadísticamente significativa entre la PH_i y la abundancia. La relación estadística que se obtuvo entre la PH_i y la clase IV se debe a la timidez de los adultos frente a los humanos (Antelo *et al.*, 2008).

Éstos datos son similares a los reportados por Ríos (2009) para el *Caiman yacare* en la provincia de Iturralde, La Paz-Bolivia, y diferentes a los datos obtenidos por Llobet y Goitia (1997) para la misma especie en los ríos Ichilo y Chapare, donde, el criterio de clasificación no fue el tamaño poblacional presente en el área de estudio y el grado de accesibilidad al cuerpo de agua, sino más bien, el grado de intervención humana con respecto a la pesca comercial. Por otro lado, Seijas (2001) reporta para el *Crocodylus intermedius*

en el Sistema Río Cojedes, Venezuela, que las secciones de río con mayores densidades de caimanes están moderadamente alejadas de los asentamientos humanos, por lo que, la intervención humana es un factor que podría afectar la abundancia y distribución de *C. moreletii* a futuro.

La viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano presentó el mismo valor en ambos espacios naturales protegidos. Es probable que los factores ecológicos se encuentran fuera de su ámbito natural de variación y que requieren de intervención humana (Granizo *et al.*, 2006). Asimismo, el valor de la viabilidad obtenido en este trabajo de investigación puede estar influenciado por el esfuerzo de monitoreo que se realiza al momento de la evaluación en campo de los AEC y sus indicadores.

La falta de conocimiento que existe en las comunidades sobre el manejo adecuado de los recursos naturales en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte, aunado a la falta de vigilancia y protección de estos humedales, son otros factores que influyen en la viabilidad del objeto de conservación (Cuervo-López, 2010). Casos de éxito sobre la conservación y recuperación de las poblaciones de cocodrilo de pantano se han documentado en el sur de nuestro país (Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo), basados en un constante monitoreo para conocer el estado poblacional y demográfico de la especie (Domínguez-Laso, 2006).

8. CONCLUSION Y APLICACIONES PRÁCTICAS DEL TRABAJO.

Las *tasas de encuentro* reportadas en este trabajo son: 8.36 Ind/km para el ENP Manglar de Tumilco, con un tamaño poblacional que oscila entre los 21 y 47 ejemplares y 4.04 Ind/km para Ciénega del Fuerte, que presento un tamaño poblacional que oscilo entre 6 y 14 cocodrilos. Dónde la estructura poblacional está representada por las primeras clases de tamaño y la distribución de la especie se encuentra mejor representada en el ENP Manglar de Tumilco, Asimismo, el tamaño promedio de la nidada para este espacio natural fue de 33 huevos por nido. En la evaluación del hábitat se determinó para ambas zonas de estudio un hábitat apto para las poblaciones de cocodrilos de pantano. Al relacionar la presión humana (PH_i) y abundancia de cocodrilos no hubo diferencias significativas. La viabilidad ecológica del *C. moreletii* en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte presentó un valor de **regular**.

La presencia efectiva de la especie en la zona, densidad, estructura poblacional por clases de edad, la distribución de puntos de monitoreo, evaluación del tipo de hábitat (ubicación, extensión, grado de continuidad o fragmentación que presenta), y el esfuerzo reproductivo, son desde una perspectiva general, información mínima suficiente para monitorear una población silvestre de cocodrilos, sin embargo, la viabilidad de esas poblaciones a largo plazo va a depender, entre otras muchas posibilidades, de

que se garantice la integridad de sus hábitats, lo cual es uno de los objetivos principales de las áreas protegidas (Seijas, 2010).

Por lo tanto, es necesario identificar objetivos y valores en relación con la naturaleza de los recursos que presenta el área que permitan establecer metas y actividades claves en la elaboración del plan de manejo (Gutiérrez, 2006) y evaluación del mismo. Cabe señalar que las áreas protegidas por si solas no garantizan la conservación de los cocodrilos: una efectiva aplicación de las leyes, combinada con la participación de los pobladores locales en los planes de conservación, son factores fundamentales que deben incluirse en el diseño de una estrategia de conservación a largo plazo.

Por la razón anterior, la evaluación de la viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano realizada en los humedales comprendidos en ENPs, puede ser utilizado como testigo en evaluaciones de impacto de las actividades agropecuarias, turísticas, pesqueras e industriales y detectar como estas actividades inciden sobre estos atributos. De manera que al inventariar los recursos naturales de humedales costeros nativos y contrastar la riqueza y estado de conservación con sistemas modificados o realizados por el ser humano (presas ganaderas, canales de riego, lagunas urbanizadas, etc.) se pueda evaluar el grado de degradación y establecer estrategias de manejo.

Es importante señalar que cuando mantienes un área en buen estado (cercano a su condición nativa, con patrones de continuidad y complejidad originales y

sin expectativas de grandes variaciones) puede considerarse como punto de partida mínimo para un programa de manejo de una población mínima viable, por lo tanto, una estrategia de conservación a largo plazo para el cocodrilo de pantano dentro y fuera de los ENPs consiste en el mantenimiento de poblaciones viables en áreas protegidas.

Dentro de un contexto ecológico, es posible utilizar esta evaluación para confirmar la presencia y estado de conservación de los cocodrilos (de acuerdo con la NOM-ECOL-059 en amenazada, en peligro, sujeta a protección especial o extinta en el medio silvestre) con respecto a otras poblaciones dentro de su distribución natural y, en base a lo anterior, establecer un programa de monitoreo y conservación para *C. moreletii* en el Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte. Dichos planes de manejo deben tomar en cuenta la vinculación y trabajo común entre las comunidades de la zona, los avecindados, instituciones académicas y de educación que trabajen en el área y las autoridades gubernamentales de competencia federal, estatal y municipal.

De esta forma, se podrían plantear en un segundo nivel, diferentes ideas en las cuales se incluya la información actualizada del objeto de conservación, sus atributos y viabilidad, las amenazas persistentes, y los actores críticos que están detrás de esas amenazas, y así, establecer objetivos y metas de conservación que ayuden a: evaluar la efectividad del manejo del sitio y de los esfuerzos de conservación, comprender las necesidades de los sitios y a mejorar la gestión de las áreas naturales protegidas.

La evaluación de la viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano, abre las puertas para continuar con el monitoreo de esta especie en sus diferentes localidades de distribución natural, especialmente en el norte del Golfo de México, dónde las densidades son bajas con respecto a las reportadas para Yucatán, Quintana Roo y Campeche. Dichos estados, han logrado obtener poblaciones viables gracias a la implementación de programas de protección, conservación y vigilancia del cocodrilo de pantano y de su hábitat. Además, la evaluación de la viabilidad es muy importante en la planificación para la conservación de áreas, porque permite establecer, con mayor facilidad, metas de conservación basadas en la ecología del objeto de conservación.

Por otro lado, los resultados de este trabajo basados en un contexto económico, podrían aplicar para buscar la inserción de este recurso en los esquemas productivos regionales de tal manera que el dueño de la tierra se beneficie y sea motivado a proteger el hábitat. Dentro de las estrategias de conservación se puede utilizar al cocodrilo de pantano como atractivo ecoturístico, lo cual impulsaría el desarrollo económico de las comunidades aledañas a estos espacios naturales, las cuales basan su economía en actividades agropecuarias y que ante la falta de empleo, los habitantes de estas zonas tienden a migrar a las ciudades más cercanas. Los ingresos generados por este tipo de prácticas, se pueden utilizar eficazmente en la formación de guías locales y operadores turísticos a fin de que comprendan las principales características del humedal de Tumilco y Ciénega del Fuerte y

puedan explicar sencillas medidas de conservación a los turistas, fomentando un turismo responsable.

Asimismo, los datos obtenidos sobre las poblaciones del cocodrilo de pantano, pueden utilizarse para gestionar ante las autoridades correspondientes, el establecimiento de una Unidad de Manejo Ambiental (UMA), para el aprovechamiento sustentable del recurso cocodrilo y humedales de la zona norte del estado de Veracruz. Otra opción sería la implementación de un programa piloto de ranqueo de huevos del cocodrilo, que además de beneficiar a los propietarios de las granjas y UMAs, involucra y beneficiaría a pobladores locales.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Abercrombie, L.C., Hope, A.C., Holmes, M.J., Scott, D. y Lane, E.J. (1980). Investigations into the status of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in Belize, 1980. Pp. 11-330. *En: Crocodiles. Proceedings of the 5th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group of the Species Survival Commissions of the IUCN and Natural Resources convened at the Florida State Museum. Gland, Switzerland.*
- Aguilar-Domínguez, Y. (2010). *Sistema Estatal de Espacios Naturales Protegidos del Estado de Veracruz; una herramienta para el conocimiento, gestión y evaluación de su estado de conservación*. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Xalapa-Enríquez, Veracruz.
- Aguilar-Miguel, X. (2005). *Crocodylus moreletii*. Algunas especies de Anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana Proy-NOM-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de investigaciones en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W035. México, D.F. 7pp.
- Aguirre-León, G. (2011). Métodos de estimación, Captura y Contención de Anfibios y Reptiles. Pp. 61-85. *En: Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I.* Gallina, S. y López-González, C. (Eds.). Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, México.
- Aguirre-León, G. y Cázares-Hernández, E. (2009). Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. Pp. 269-300. *En: Breviario*

- para describir, observar y manejar humedales*. Moreno-Casasola, P. y Warner B. (Eds.). Ed. INECOL. Xalapa, Ver., México.
- Antelo, R., Ayarzagüena, J. y Castroviejo, J. (2008). *Biología del cocodrilo o caimán del Orinoco (Crocodylus intermedius) en la Estación Biológica el Frío, Estado de Apure (Venezuela)*. Asociación Amigos de Doñana. 286 pp.
- Arroyo-Quiroz, I., Pérez-Gil, R. y Leader-Williams, N. (2007). Mexico in the international reptile skin trade: a case study. *Biodivers Conserv*, 16:931-952.
- Basañez-Muñoz, A. (2005). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). [Actualizado al 10 de mayo de 2013]. Página electrónica (<http://portal.veracruz.gob.mx>).
- Bezaury-Creel, J.E. (2009). El Valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas Proveen a los Mexicanos. *The Nature Conservancy* Programa México-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 32 pp.
- BirdLife International (2010). Biodiversity Indicators Partnership. Índice global de aves silvestres. [Actualizado al 2 de noviembre]. Página electrónica (www.twentyten.net).
- Casas-Andreu, G. (2003). Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del Río Cuitzamala, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 89:111-128.

- Casas-Andreu, G. y Rogel-Bahena, A. (1986). Observaciones sobre los nidos y las nidadas de *Crocodylus moreletii* en México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 12:232-330.
- Casas-Andreu, G., Barrios-Quiroz, G. y Macip-Ríos, R. (2011). Reproducción en cautiverio de *Crocodylus moreletii* en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82:261-263.
- Castañeda-Moya, F., Lara, O. y Queral-Regil, A. (2000). The herpetofauna of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala, with an emphasis on populations of the Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*). Pp. 61-66. *En: A Biological Assessment of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala*. Bestelmeyer, B. T. & Leeanne, E. A. (Eds.). Washington, DC.
- Cedeño-Vázquez, J.R. y Pérez-Rivera, S.D. (2010). El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en la Laguna la Esmeralda, Quintana Roo, México. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 1(2):91-98.
- Cedeño-Vázquez, J.R. y Zamudio-Acedo, F. (2005). Subproyecto cocodrilo. Pp. 3-26. *En: Uso y monitoreo de los recursos naturales en el corredor biológico mesoamericano (áreas focales Xpujil-Zoh Laguna y Carrillo Puerto)*. Pozo de la Tijera, M. del C. y Calmé, S. Colegio de la Frontera Sur y CONABIO. Chetumal, México.
- Cedeño-Vázquez, J.R., Ross, P.J. y Calmé, S. (2012). Populations status and distributions of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, México. *Herpetological Natural History*, 10(1):53-66.
- Chávez-León, G., Velázquez, A. y Bocco, G. (2011). Las especies silvestres como indicadoras del estado de conservación del bosque: el caso de la

gallina de monte coluda (*Dendrortyx macroura*) y una propuesta para el establecimiento de un aviario con fines de educación ambiental. [Actualizado al 15 de Noviembre de 2007]. Página electrónica (<http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros>).

Cherkiss, M.S., Holly, E.F., Mazzotti, J.F., Rice, K.G. y Conill, M.D. (2005).

Contando y capturando cocodrilos. Circular 1451S. Wildlife Ecology and Conservation Departament, Florida Cooperative Service, Institute of Food an Agricultural Sciences, University of Florida. 12 pp.

Cherkiss, M.S., Romanach, S.S. y Mazzotii, F.J. (2011). The American crocodile in Biscayne Bay, Florida. *Estuar. Coast.*, 34:529-535.

CITES. (2012). Apéndices I, II y III. [Actualizado al 19 de octubre]. Página electrónica (<http://www.CITES.com>).

Cóbar-Carranza, A.J. (2003). Riqueza y Abundancia de Aves en dos condiciones de paisaje con diferente grado de fragmentación en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa. Proyecto NFWF (07) 108-2002. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 49 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2011). *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. 680 pp.

- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). El valor de las áreas naturales protegidas (2012). [Actualizado al 19 de octubre]. Página electrónica (<http://www.conanp.gob.mx>).
- Cruz-Lucas, M.A. (2010). *Topografía y factores ambientales relacionados a las comunidades vegetales en un humedal*. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Ver.
- Cuervo-López, L. (2010). *Percepción y conocimiento ambiental del sitio Ramsar 1602: "Manglares y Humedales de Tuxpan", Veracruz, México*. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Ver.
- Cupul-Magaña, F.G. (2002). "¿Para qué diablos sirven los cocodrilos?". *Gaceta CUC*, 11:10.
- Cupul-Magaña, F.G. (2012). Registro de los movimientos de dos ejemplares de cocodrilo americano, *Crocodylus acutus*, en Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 41(2):479-483.
- Cupul-Magaña, F.G. y Aranda-Mena, O.S. (2005). Éxito de eclosión del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y la tortuga golfina (*Lephydochelys olivácea*) en Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Revista electrónica de veterinaria REDVET*, 5(10):1-7.
- Diario Oficial de la Federación. (2001). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, que determina las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial*. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados. Gobierno Federal. México 56 pp.

- Domínguez-Laso, J. (2006). *Determinación del estado de las poblaciones silvestres del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) en México y evaluación de su estatus en la CITES*. (Informe final SNIB-CONABIO Proyecto No. CS009) México, D.F. Instituto de Historia Natural y Ecología. 45 pp.
- Domínguez-Laso, J. (2009). Captures of morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*), with the record of size in the Grijalba river, Chiapas, México. *Crocodile Specialist Group Newsletter*, 28.
- Ellis, E.A., Martínez-Bello, M. y Monrroy-Ibarra, R. (2011). Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. Pp. 351-367. *En: La biodiversidad en Veracruz: estudio del estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Veracruz, Instituto de Ecología, A.C. México.
- Escobedo-Galván, A.H., Casas-Andreu, G., Barrios-Quiroz, G., Sustaita-Rodríguez, V.H. y López-Luna M.A. (2011). Observations on nests of *Crocodylus moreletii* in San Luis Potosí, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82:315-317.
- Español-González, M. (2003). Modelos de desarrollo sostenible en Iberoamérica. Serie técnica y didáctica no. 4. Buenos Aires, Argentina. 17 pp.
- Gaceta Oficial del Estado. (1999). *Decreto por el que declara Área Natural Protegida, como zona sujeta a Conservación Ecológica, en el lugar conocido como "Ciénega del Fuerte", del Municipio de Tecolutla*. Tomo CLIX. Núm. 147. 6 pp.

- García-Grajales, J., Gustavo-Aguirre, L. y Contreras-Hernández, A. (2007). Tamaño y estructura poblacional de *Crocodylus acutus* (Cuvier 1807) (Reptilia: Crocodylidae) en el Estero La Ventanilla, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 23(001):53-71.
- Gobierno del Estado de Veracruz. (2003). Actualización del programa de ordenamiento urbano del centro de población Tuxpam, Veracruz. Pp. 386-518. *En*: Gaceta oficial del estado de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz. Veracruz.
- Gómez, R.W.C. (2003). *Estudio preliminar para estimar la densidad relativa y distribución de Crocodylus moreletii (Cocodrilo de pantano) en la Laguna de las Ilusiones en el periodo Julio-Diciembre/2002; Municipio del Centro, Tabasco*. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- González-Ortega, M.A., Guzmán-Hernández, J., Martín, M.F. y Domínguez, L. E. (2003). Un método para la selección de aves bioindicadoras con base en sus posibilidades de monitoreo. *Huitzil Revista de Ornitología Mexicana*, 4 (2):10-16.
- González-Valdivia, N., Ochoa-Gaona, S., Pozo, C., Gordon, B., Rangel-Ruiz, L.J., Arriaga-Weiss, S.L., Ponce-Mendoza, A. y Kampichler, C. (2011). Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. *Rev. Biol. Trop*, 59(3):1433-1451.
- Granizo, T., Molina, M.A., Secaira, E., Herrera, E., Benítez, S., Maldonado, O., Libby, M., Arroyo, P., Isola, S. y Castro, M. (2006). *Manual de*

- Planificación para la Conservación de Áreas, PCA*. Colombia: TNC y USAID. Quito. 204 pp.
- Gutiérrez, M.R. (2006). *Propuesta de una metodología para la determinación de objetivos de conservación en áreas a proteger. El caso de la laguna de Sonso, Colombia*. Tesis de maestría. Universidad Internacional de Andalucía. España.
- Guzmán, P.R. (2010). *Secreto de los reptiles. Una visión inédita del extraño mundo de los reptiles, eusuquidos y quelonios*. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 137 pp.
- Hernández-Jiménez, R. (2009). *Características poblacionales del Crocodylus moreletii en el estero Chacoaco, Tuxpan, Ver.* Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Ver.
- Hutton, J.M. y Webb G.J.W. (1992). An introduction to the farming of crocodilians. Pp. 1-39 *En: Directory of crocodilian farming operations*. Luxmoore, R.A. (Ed.). IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge. UK.
- INE/SEMARNAP. (2000). *Proyecto para la conservación manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México (COMACROM)*. INE/SEMARNAP. 107 pp.
- INEGI, (2008). *II conteo de Población y Vivienda 2005. México y sus municipios*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. México. 441 pp.
- INEGI. (2001). *Tuxpan, Estado de Veracruz. Cuaderno Estadístico Municipal*. Gobierno del estado de Veracruz e Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. México. 180 pp.

- INEGI. (2009). *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tecolutla, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30158*. INEGI. 9 pp.
- INEGI. (2010). *Base de datos del índice de marginación a nivel localidad 2010*. [Actualizado al 26 de noviembre]. Página electrónica (<http://www.inegi.gob.mx>).
- Isasi-Catalá, E. (2011). Los conceptos de las especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(6):31-38.
- Kremen, C. (1992). Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological applications*, 2(2):203-212.
- Lara-Domínguez, A.L., López-Portillo, J., Ávila-Ángeles A. y Vázquez-Lule. A.D. (2009). Caracterización del Sitio de Manglar Ciénega del Fuerte. *Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 11 pp.
- Lara-Domínguez, A.L., López-Portillo, J., Ávila-Ángeles, A. y Vázquez-Lule, A.D. (2009 b). Caracterización del sitio de manglar Tuxpan. *Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 12 pp.
- Llobet, Q.A. y Goitia, E. (1997). Abundancia y estructura poblacional de *Caiman yacare* en las lagunas de la llanura inundable de los ríos Ichilo y Chapre (Bolivia). *Rev. Bol. de Ecología*, 2: 39-47.

- López-Luna, M. A., Hidalgo-Mihart, M.G. y Aguirre-León, G. (2011). Descripción de los nidos del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en un paisaje urbanizado en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(1):1-16.
- López-Saavedra, E.E., Valencia-Ortega, G., Maldonado-Leal, B.G., Esquer-Robles, J.A., Lasch-Thaler, C. y Morales-Abril, G. (2008). *Plan de conservación para la Cuenca Alta del Rio San Pedro, Sonora, México*. The nature Conservancy, Biodiversidad y desarrollo armónico A.C., y Naturalia Comité para la Conservación de Especies Silvestres, A.C. México. 79 pp.
- Machkour-M'Rabet, S., Hénaut, Y., Charruau, P., Gevrel, M., Winterton, P. y Legal, L. (2009). Between introgression events and fragmentation, islands are the last refuge for the American crocodile in Caribbean Mexico. *Mar. biol*, 156:1321-1333.
- Manterola, C., Amor-Conde, D., Colchero, F., Rivera, A., Huerta, E., Pallares, E. y Soler, A. (2011). *El jaguar como elemento estratégico para la conservación*. Serie acciones/número 8. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 126 pp.
- Mauger, A.L., Velez, E., Cherkiss, M.S. y Brien, M.L. (2012). Population assessment of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 60(4):1889-1901.
- Mazzotii, F.J., Cherkiss, M.S., Brandt, L.A., Fujisaki, I., Hart, K., Jeffery, B., McMurry, S.T., Platt, S.G., Rainwater, T.R. y Vinci, J. (2012). Body condition of Morelet's Crocodile (*Crocodylus moreletii*) from Northern Belize. *Journal of herpetology*, 46(3):356-362.

- Meli, P. y Carrasco-Carballido, V. (2011). *Restauración de riberas. Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona*. CONABIO. México. 62 pp.
- Messel, H., Vorlicek, G.C., Wells, A.G. y Green, W.J. (1981). *Surveys of tidal river systems in Northern Territory of Australia and their crocodile populations*. Monograph 1. Pergamon press. Sydney.
- Moreno-Casasola, P., Cejudo-Espinosa, E., Capistrán-Barradas, A., Infante-Mata, D., López-Rosas, H., Castillo-Campos, G., Pale-Pale, J. y Campos-Cascaredo, A. (2010). Composición Florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la sociedad botánica de México*, 87:29-50.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). (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 en riesgo. 78 pp.
- Pérez, S., De la Roca, I. y Martínez, G. (2003). *Plan de monitoreo biológico sistema Motagua-Polochic*. The Nature Conservancy, USAID. Guatemala. 44 pp.
- Pérez-Higareda, G., Rangel-Rangel, A., Smith, H.M., Chiszar, D. (1989). Comments on the food and feeding habits of Morelet's Crocodile. *Copeia*, 4:1039-1041.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). (2009). *Estrategia de protección ambiental de Petróleos Mexicanos*. [Actualizado al 14 de mayo]. Página electrónica (<http://www.pemex.gob.mx>).

- Pineda, L. (2008). Sistema de Monitoreo de Indicadores de Biodiversidad (SMIB) en el Parque Nacional San Diego La Barra (grupo aves). *Boletín de aves el Salvador*, 1(1):5.
- Platt, S.G. y Thorbjarnarson, J.B. (2000). Status and conservation of Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, in northern Belize. *Biological Conservation*, 96:21-29.
- Platt, S.G., Rainwater, T.R., Snider, S., Garel, A., Anderson T.A. y McMurry, S.T. (2007). Consumption of large mammals by *Crocodylus moreletii*: field observations of necrophagy and interespecific kleptoparasitism. *The Southwestern Naturalist*, 52(2):310-317.
- Platt, S.G., Rainwater, T.R., Thorbjarnarson, J.B., y McMurry, S.T. (2008). Reproductive dynamics of a tropical freshwater crocodilian: Morelet's crocodile in northern Belize. *Journal of Zoology*, 275:177-189.
- Platt, S.G., Sigler, L. y Rainwater, T.R. (2010). Morelet's Crocodile *Crocodylus moreletii*. Pp. 79-83. *En: Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan*. Manolis y Stevenson, C. (Eds.) Crocodile Specialist Group: Darwin. Gland, Switzerland.
- Pozo de la Tijera, M.C. (2004). *Mariposas del corredor Biológico Mesoamericano-México*. (Informe Final SNIB-CONABIO proyecto número Y006). El Colegio de la Frontera Sur. México D.F. 37 pp.
- Priego-Santander, A.G., Mata D.I., Moreno-Casasola, P., Vera E.I., Espinosa E.C., Hernández, J.R. y Méndez, A.P. (2008). *Paisajes Físico-Geográficos de un sector de la Costa de Veracruz a escala 1:50 000 Cartografía. Proyecto OIMT-CONAFOR: Criterios para el Ordenamiento de Manglares*

y Selvas Inundables en la Planicie Costera Central de Veracruz, México: un Instrumento de Manejo Comunitario. INECOL. México.

Pronatura. (2010). Conservación de Humedales [Actualizado al 29 de Noviembre de 2010]. Página electrónica (<http://www.pronaturaveracruz.org>).

Rabinowitz, A. (2003). *Manual de capacitación para la investigación de campo y la conservación de la vida silvestre.* Wildlife Conservation Society. Bolivia.

Ramsar y Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2011). *Humedales.* [Actualizado al 04 de Noviembre]. Página electrónica (<http://ramsar.conanp.gob.mx>).

Ramsar. (2005). *Ficha informativa de los humedales de Ramsar, Manglares y Humedales de Tuxpan.* [Actualizado al 15 de Octubre de 2010]. Página electrónica (<http://www.ramsar.conanp.gob.mx>).

Rice, K.G., Mazzotti, F.J., Hardin-Waddle, J. y Conill, D.M. (2009). *Uso de anfibios como indicadores del éxito de la restauración de ecosistemas.* CIR. 1484S. University of Florida. 6 pp.

Richard, E., Fontúrbel-Rada, F. y García-Crispieri, G. (2006). Evaluación de objetivos de conservación de áreas protegidas a partir del análisis del área de campeo y población mínima viable de especies de félidos y cánidos. El parque nacional Torotoro (Potosí, Bolivia) como ejemplo. *Ecología aplicada*, 5(1,2):101-110.

Rios, J.N. (2009). Estado poblacional y uso del lagarto (*Caiman yacare*) en áreas de uso de recursos naturales del Territorio Comunitario de Origen

- (TCO) Tacana, Prov. Iturralde, la Paz-Bolivia. Pp. 225-237. *En: Memorias: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonia y Latinoamérica.*
- Rodríguez-Luna, E., Gómez-Pompa, E., López, C., Velázquez, N., Aguilar, Y. y Torres, M.V. (2011). *Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz*. México. Secretaría de Educación-Gobierno del Estado de Veracruz. México. 350 pp.
- Rodríguez-Quevedo, F. (2009). *Análisis de la estructura poblacional de Crocodylus moreletii en el canal ecoturístico nueva Esperanza en la reserva de la biosfera Pantanos de Centla, Tabasco, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villa Hermosa Tabasco.
- Rodríguez-Reynaga, F., García-Contreras, G., Durán, R., Andrade, M., Merendiz, G., Bermudez, D., Lasch, C., Acosta, E., Reza, M. y Franquesa, A. (2007). *Plan de conservación de áreas. Zona noreste de la península de Yucatán*. CICY, TNC, ASK, y PPY.
- Rueda-Cordero, B.A. (2011). *Uso y caracterización de hábitat del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) en la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco*. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa Tabasco.
- Sánchez, O. (2011). Evaluación y monitoreo de poblaciones silvestres de reptiles. Pp. 83-120. *En: Temas Sobre Conservación de Vertebrados Silvestres en México*. Sánchez, O., Zamorano P., Recagno E.P. y Moya H. (Eds.) INE. México.

- Sánchez-Herrera, O., Benítez-Díaz, H., García Naranjo Ortiz de la Huerta, A., y López-Segurajáuregui, G. (2011). *Programa de Monitoreo del Cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) México, Belice y Guatemala*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 270 pp.
- Sánchez-Herrera, O., López-Segurajáuregui, G., García Naranjo Ortiz de la Huerta y Benítez-Díaz, S. (2012). *Informe del programa de monitoreo del cocodrilo de pantano en México temporada 2011*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 72 pp.
- SEDEMA (Secretaría de Medio Ambiente). (2011). *Ordenamiento ecológico de la cuenca del río Bobos*. [Actualizado al 16 de Octubre]. Página electrónica (<http://portal.veracruz.gob.mx>).
- Seijas, A.E. (2001). Presión humana, distribución y abundancia de caimanes (*Crocodylus intermedius*) en el sistema del río Cojedes, Venezuela. *Ecotropicos*, 14(1):11-18.
- Seijas, A.E. (2010). Efectividad de las áreas protegidas en la conservación del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) y del caimán de la costa (*Crocodylus acutus*) en Latinoamérica. Pp. 67-76. *En: Ciencia y Conservación de especies amenazadas en Venezuela: Conservación basada en evidencias e intervenciones estratégicas*. De Oliveira-Miranda, R., Lessmann, J., Rodríguez-Ferraro, A. y Rojas-Suárez, F. (Eds.). Provita Caracas, Venezuela.
- SEMARNAT. (2012). *Programa de ordenamiento ecológico territorial de la Cuenca del río Tuxpan*. Bitácora ambiental de la cuenca del río Tuxpan.

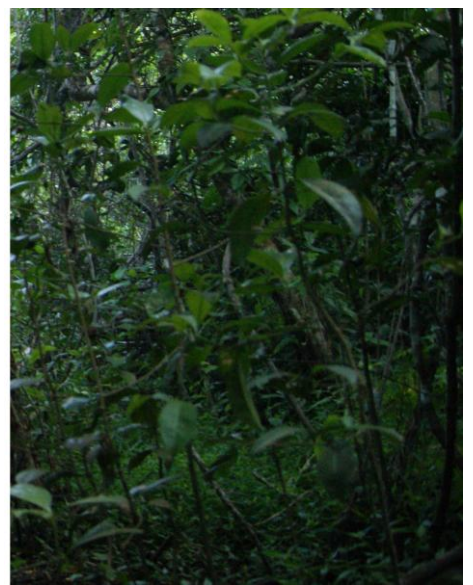
[Actualizado al 14 de Septiembre]. Página electrónica (<http://www.semarnat.gob.mx>).

- Tejeda-Cruz, C., Mehltreter, K., Sosa, V.J. (2008). Indicadores ecológicos multi-taxonómicos. Pp. 271-278. *En: Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación*. Manson, H.R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., y Mehltreter, K. (Eds.). Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto de Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- The Nature Conservancy, (2011). *Libro de Trabajo para la Planificación de Acciones de Conservación. Una herramienta para el desarrollo de estrategias, la toma de acciones y la medición del éxito*. Versión: CAP-v6b. [Actualizado al 14 de Marzo]. Página electrónica (<http://www.tnc.org>).
- Thorbjarnarson, J.B., Messel, H., King, F.W. y Ross, J.P. (1992). Crocodiles: Action Plan for Their Conservation, Internacional Union for Conservation of Nature and Natural Resources Crocodile Specialist Group, Internacional Union for Conservation of Nature and Natural Resources. IUCN. 136 pp.
- TNC (The Nature Conservancy). (2005). *Planificación para la conservación de áreas. Desarrollo de estrategias, ejecución de acciones y medidas de éxitos en cualquier escala. Descripción de las mejores prácticas*. The Nature Conservancy. 21 pp.
- TNC, INBio. (2006). *Revisión de los objetos de conservación y análisis de la integridad ecológica del sitio Tapantí-Macizo de la Muerte, Costa Rica*. Informe Técnico de Consultoría. Elaborado para INBio TNC. San José, Costa Rica. 40pp.

- TNC. (2004). *Elementos para la elaboración del programa de monitoreo de los objetos de conservación del parque internacional La Amistad (PILA). Memoria del taller de binacional de expertos Costa Rica-Panamá. The Nature Conservancy (TNC) San José. Ciudad de Panamá. 62 pp.*
- TNC-CDC UNALM-FPCN. (2004). *Elaboración de un plan de monitoreo para la salud de la biodiversidad en áreas naturales del Alto Pachitea. The Nature Conservancy. Lima, Perú. 95 pp.*
- Traffic North America/IUCN. (2007). Conservation of the Morelet's Crocodile. *The Traffic report*, 5(1):5.
- Urdaneta, A. y Barros, T. (2006). Evaluación poblacional del caimán de la costa (*Crocodylus acutus*) en el embalse Pueblo Viejo, estado de Zulia, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.*, 40(2):101-119.
- Valencia, I.D (2005). *Marco de evaluación de sitios de la RHRAP. Versión 2.0. Red hemisférica de reservas para aves playeras. Manomet, USA. 33 pp.*
- Vázquez-Torres, M., Armenta-Montero, S., Campos-Jiménez, J., y Carvajal-Hernández, C.I. (2010). *Árboles de la región de los Tuxtlas. Gobierno del estado de Veracruz. México. 398 pp.*
- Vega-Moro, A. (2005). *Plan de conservación para la reserva de la biosfera Pantanos de Centla y el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos. TNC, CONANP, PRONATURA Península de Yucatán. 132 pp.*
- Villegas, A. (2011). *Aspectos básicos de la anidación del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) enfocados a su conservación en Catemaco, Veracruz. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.*

Zolotoff-Pallais, J., y Medina R. (2005). *Evaluación Ecológica Rápida (EER)*.
Los Playones-Playa Madera, Municipio de San Juan del Sur,
Departamento de Rivas. Managua. Nicaragua. 51 pp.

ANEXOS



Ficus sp. en el ENP Ciénega del Fuerte, Teculta, Veracruz.

Anexo A. Descripción del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii*.

Reino: ANIMALIA

Phylum: CHORDATA

Clase: REPTILIA

Orden: CROCODYLIA

Familia: CROCODYLIDAE

Género: CROCODYLUS

Especie: *Crocodylus moreletii*



El cocodrilo de pantano, lagarto, cocodrilo negro, Acuetzapalin (náhuatl) e Itzam Can ain (Maya), son los nombres comunes con los que se identifica en México al *Crocodylus moreletii* (Aguilar-Miguel, 2005). El cocodrilo de pantano se identifica por tener un hocico ancho (redondeado en la punta y relativamente corto), tienen de 13 a 14 dientes maxilares y 15 dientes mandibulares, osteodermos más o menos regulares, y grupos de escamas irregulares en el vientre y latero-ventrales de la cola, la superficie dorsal de los adultos es generalmente amarillo-verdosa y puede llegar a ser casi negra. Los machos llegan a medir 4.5 metros, mientras que las hembras alcanzan los 2.53 metros de longitud total (Casas-Andreu, 2011; Platt *et al.*, 2010; INE/SEMARNAP, 2000; Thorbjarnarson *et. al.* 1992). Habita zonas de agua dulce (marismas, pantanos, lagunas y cuerpos de agua artificiales), puede localizarse en aguas salobres o hábitats salinos (Domínguez-Laso, 2006).

Hábitat y alimentación.

El cocodrilo de pantano habita arroyos, Ciénegas y lagunas que están dentro de bosques o selvas y en ríos de corriente lenta. Se ha reportado la presencia de *C. moreletii* en aguas salobres, sin embargo, es común encontrarlos en aguas con poco movimiento o estancadas, que pueden ser claras o turbias, con abundante vegetación acuática enraizada o flotante y poco profundas, que no estén sujetas a cambios bruscos de temperatura (Domínguez-Laso, 2006). Las crías se alimentan de insectos acuáticos y terrestres, moluscos, etc. Los juveniles se alimentan de insectos, anfibios, reptiles y aves. Los adultos tienden a consumir vertebrados de tallas mayores, siendo las aves el principal alimento del cocodrilo de pantano. Se ha documentado cleptoparasitismo interespecífico, definido como el robo de alimento de un individuo a otro (Platt *et al.*, 2007; Thorbjarnarson *et al.*, 1992; Pérez-Higareda, *et al.*, 1989).

Comportamiento reproductivo.

Las hembras construyen los nidos con material vegetal (hojas, tallos y ramas delgadas) en forma de montículo. El tamaño promedio de las nidadas es de 30.4 ± 10.8 huevos por nido, que son puestos al final de la época de seca. La eclosión ocurre en agosto y septiembre, después de 75 a 85 días de incubación. Tanto las hembras como los machos protegen el nido y crías (López-Luna *et al.*, 2011). Se ha reportado que las crías llaman a la madre desde el interior del huevo, quien acude inmediatamente para liberarlos de las cáscaras y los traslada en su hocico hacia el agua, donde les brinda protección de 4 a 5 meses en promedio (Guzmán, 2010).

Distribución.

Se distribuye de manera natural sobre las tierras bajas del golfo de México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, San Luís Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y península de Yucatán), Belice y Guatemala (Platt *et al.*, 2010). Aunque, en los últimos años ha sido introducido en algunas localidades fuera de su rango natural de distribución, como en los estados de Sinaloa y Colima con fines comerciales (Sánchez-Herrera *et al.*, 2011).

Estatus

Es una especie que se encuentra catalogado en el apéndice II de la CITES, donde figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se le controle estrictamente su comercio (CITES, 2012). Sujeta a protección especial según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (NOM-059, 2010, DOF, 2001) en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en ingles), está catalogado en la Lista Roja (Red List) como una especie de bajo riesgo, dependiente de conservación desde el año 2000 (López-Luna *et al.*, 2011; Traffic North America/IUCN, 2007; Domínguez-Laso, 2006, Hutton y Webb, 1992).

Relevancia de la especie.

Económica.

Por su facilidad de adaptación en cautiverio, ésta especie ha soportado una intensa explotación por más de un siglo. Por la textura y resistencia, la piel de

cocodrilo ha sido muy apreciada en la talabartería nacional e internacional, considerada en algunos casos, como la mejor de todas las pieles de cocodrilianos, lo cual corrobora el alto costo de los productos manufacturados con ellos (Arroyo-Quiroz *et al*, 2007).

Ecológica.

Los cocodrilos juegan un papel muy importante dentro del ecosistema donde habitan, ya que interactúan con un gran número de especies. Por lo que se les ha considerado como especies sombrilla o focales. Los cocodrilos se encuentran en la parte más alta de la cadena de alimentación, siendo un depredador selectivo de presas a lo largo de su vida, lo que permite el control de otras poblaciones de animales en su entorno y el reciclado de nutrientes importantes en el ambiente. Con sus hábitos cavadores y sus movimientos habituales, forman canales y reservorios de agua en la época de sequía, evitando el asolvamiento natural con materiales terrígenos o por el bloqueo de los flujos de agua debido al crecimiento de la vegetación, brindando protección a otros animales asociados al agua (Cupul-Magaña, 2002).

Anexo B. Criterios utilizados para la selección de los atributos ecológicos clave, sus indicadores y rangos de evaluación para evaluar la viabilidad ecológica de *Crocodylus moreletii* en los ENPs Manglar de Tumulco y Ciénega del Fuerte.

Atributo ecológico clave	Criterios para su selección
Tamaño de la población de cocodrilos (Ind/km).	Por la necesidad de conocer el tamaño de la población actual del OC*. Por ser cuantificable.
Anidación	Debido a que es un periodo vulnerable en la vida de los cocodrilos.
	Con el muestreo de nidos se pueden hacer inferencias sobre las características de la población reproductiva.
Estructura poblacional	Esta información es indispensable para entender la dinámica de la población y resolver preguntas tales como ¿cuántas crías son reclutadas? Indica estado de las poblaciones.
Hábitat disponible potencial	Por ser de carácter directamente relacionado con la presencia, aumento o declinación de las poblaciones del OC.

Indicador	Criterios para su selección
Abundancia de cocodrilos (Ind/km)	Es necesario conocer la abundancia del OC. Es de carácter medible.
# de nidos presentes en la zona	Porque refleja específicamente el número de hembras reproductivas en la población.
Estructura poblacional por clases	Permitirá evaluar las tendencias de crecimiento de la población y su permanencia ante disturbios humanos (caza ilegal, fragmentación de hábitat, etc.).
% de hábitat disponible	Permite conocer durante el monitoreo si hay pérdida de hábitat lo cual repercute directamente sobre el OC.

Indicador	Abundancia de cocodrilos (Ind/km)
-----------	-----------------------------------

Rango de variación	Criterios para su selección
Pobre	Tomando como base datos del programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (<i>Crocodylus moreletii</i>) México-Belice-Guatemala, así como datos del proyecto COPAN. Considerando que este rango está sujeto a variación.
Muy bueno	De igual forma se consideraron los datos del programa del cocodrilo de pantano y proyecto

	COPAN. Pensando en que no existe presión humana, la población sería mayor.
--	----------------------------------------------------------------------------

Indicador	# de nidos presentes
------------------	-----------------------------

Rango de variación	Criterios para su selección
Pobre	Se tomo en cuenta el número de nidos reportados en vida silvestre para Villa Hermosa, Ciénega de Cabezas y Catemaco.
Muy Bueno	Se tomo en cuenta el número de nidos reportados en vida silvestre para Villa Hermosa, Ciénega de Cabezas, y Catemaco. Estos datos pueden variar, debido a la intensidad de monitoreo.

Indicador	Estructura poblacional por clases
------------------	------------------------------------------

Rango de variación	Criterios para su selección
Pobre	Se consideró la estructura poblacional reportada en la mayoría de los estudios poblacionales para el cocodrilo de pantano. Tomando en cuenta que un bajo número de descendientes puede llevar a una reducción en la variabilidad genética de la población local.
Muy bueno	Se consideró que la estructura poblacional en cocodrilos normalmente se caracteriza por presentar un gran número de individuos en los primeros años de vida y conforme aumenta el tamaño el número de animales va disminuyendo.

Indicador	% de hábitat disponible
------------------	--------------------------------

Rango de variación	Criterios para su selección
Pobre	Se consideró que la pérdida de casi la mitad del hábitat disponible actual repercutiría drásticamente sobre el OC.
Muy bueno	Tomando en cuenta que el mantenimiento del 100% del hábitat disponible debe ser en un nivel óptimo para la población ya existente.

*OC= Objeto de Conservación

Anexo C. Evaluación de la viabilidad ecológica del cocodrilo de pantano en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.

Categoría	Atributo ecológico clave	Indicador	Rango de variación permisible				Medición actual del indicador (CF*)	Medición actual del indicador (MT*)	Calificación actual (CF*)	Calificación actual (MT*)
			Pobre	Regular	Bueno	Muy bueno				
Contexto paisajístico	Hábitat potencial disponible	% de hábitat disponible	<60%	60%	90%	100%	85%	95%	Regular	Regular
Condición	Anidación	# de nidos presentes	<2 nidos	3-10 nidos	11-20 nidos	>21 nidos	0 nidos	3 nidos	Pobre	Regular
	Estructura poblacional	Estructura de la población por clases	Ausencia de la mayoría de las clases	Presencia y baja abundancia de algunas clases	Presencia de todas las clases	Presencia y abundancia de todas las clases	Todas las clases presentes	Presencia de todas las clases	Bueno	Bueno
Tamaño	Tamaño de la población de cocodrilos	Abundancia (Ind/km) de cocodrilos	<1 Ind/km	2-5 Ind/km	6-15 Ind/km	>16 Ind/km	4.04 Ind/km	8.36 Ind/km	Regular	Bueno
Viabilidad del objeto de conservación									Regular	Regular

*CF= Ciénega del Fuerte, *MT= Manglar de Tumilco.

Anexo D. Tamaño poblacional del *Crocodylus moreletii* por sitios de monitoreo y clases de edad en los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte. Donde **m**=media, **SD**= Desviación estándar, **p**=fracción visible y **N**=tamaño poblacional.

Chacoaco

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Septiembre	m(±SD)	p		N
Cría	13	2	0	9	4	5.6±5.3	0.3284	17.05	± 9.83
Juvenil	7	1	1	1	0	2±2.8	0.2488	8.04	± 9.46
Sub-Adulto	5	0	0	1	0	1.2±2.2	0.2064	5.81	± 9.99
Adulto	4	0	0	0	0	0.8±1.8	0.1740	4.60	± 10.76
Ojos	0	0	0	0	0	0	0.0000	0.00	± 0.00
Total	29	3	1	11	4				

Tumilco

	Jun	Sep	Oct	Dic	m(±SD)	p		N	
Cría	1		3	0	3	1.75±1.5	0.3509	4.99	± 4.89
Juvenil	0		6	1	5	3±2.9	0.3215	9.33	± 7.47
Sub-Adulto	0		7	0	3	2.5±3.3	0.2607	9.59	± 9.78
Adulto	0		2	3	0	1.25±1.5	0.2801	4.46	± 6.12
Ojos	0		0	0	0	0	0.0000	0	± 0.00
Total	1		18	4	11				

Flores Magón

	Mayo	Junio	Mayo (2012)	m(±SD)	p		N
Cría	3	0	0	1±1.4	0.2488	4.02	± 6.69
Juvenil	0	2	2	1.3±0.9	0.3945	3.38	± 3.45
Sub-Adulto	2	1	0	1±0.8	0.3617	2.76	± 3.50
Adulto	0	1	0	0.3±0.5	0.2488	1.34	± 3.86
Ojos	0	0	0	0	0.0000	0.00	± 0.00
Total	5	4	2				

Arroyo Blanco

	Abril	Diciembre	m(±SD)	p		N
Cría	0	2	1±1.4	0.2488	4.02	± 6.69
Juvenil	0	3	1.5±2.1	0.2488	6.03	± 8.20
Sub-Adulto	0	2	1±1.4	0.2488	4.02	± 6.69
Adulto	0	0	0	0.0000	0.00	± 0.00
Ojos	0	0	0	0.0000	0.00	± 0.00
Total	0	7				

Estero tres bocas

	Marzo	Diciembre	Marzo (2012)	Mayo (2012)	m(\pm SD)	p		N	
Cría	2	2	0	1	1.25 \pm 0.96	0.3762	3.32	\pm	3.64
Juvenil	0	1	3	0	1 \pm 1.41	0.2488	4.02	\pm	6.69
Sub- Adulto	1	1	0	0	0.5 \pm 0.58	0.2878	1.74	\pm	3.70
Adulto	1	1	2	0	1 \pm 0.82	0.3617	2.76	\pm	3.50
Ojos	0	0	0	3	0.75 \pm 1.50	0.1905	3.94	\pm	9.00
Total	4	5	5	4					

Anexo E. Galería fotográfica de los ENPs Manglar de Tumilco y Ciénega del Fuerte.



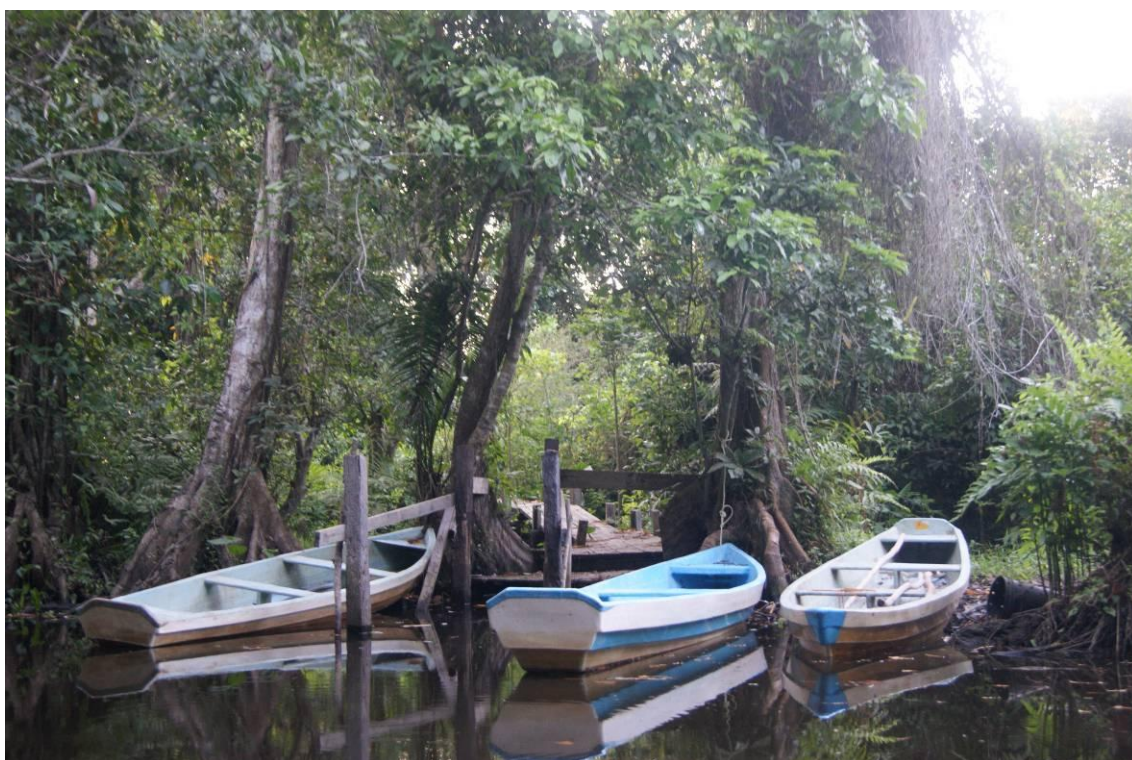
Terraplén en el ENP Manglar de Tumilco, utilizado para comunicar potreros ganaderos, durante la época de lluvias.



Puente peatonal en sitio Flores Magón, Ciénega del Fuerte.



Sendero de llantas que atraviesa una franja de manglar en el ENP Manglar de Tumilco.



Muelle en el sitio Flores Magón, Ciénega del Fuerte, utilizado para prácticas de ecoturismo y pesca.



Crocodylus moreletii regulando su temperatura corporal en el Manglar de Tumilco.



Juvenil de *Crocodylus moreletii* refugiándose tras las raíces de mangle.



Huellas y rastro de *C. moreletii*, localizado en la orilla del estero de Tumilco.



Ejemplar de *C. moreletii*, flotando sobre la superficie del agua.



Al fondo el Manglar de Tumilco y al frente tular.



Mirador de aves en el ENP Ciénega del Fuerte.



Deforestación de vegetación nativa en ENP Ciénega del Fuerte.



Terracería que atraviesa el Manglar de Tumilco y que conecta a la comunidad Cerro de Tumilco con la cabecera municipal de Tuxpan, Veracruz.



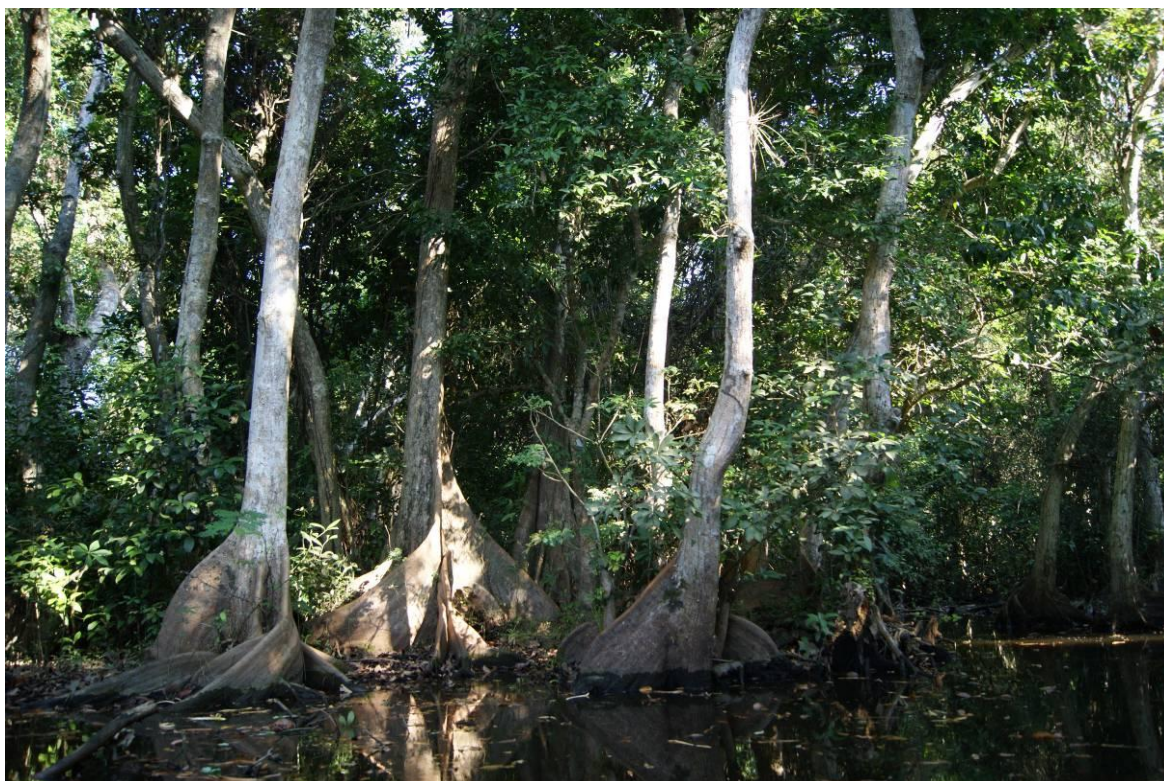
Vegetación de manglar en el ENP Ciénega del Fuerte.



Canal de navegación ecoturístico cubierto por lechuguilla *Pistia stratiotes* y lirio acuático *Eichornia crassipes* en Ciénega del Fuerte.



Al frente se observa hierba de río *Nymphaea ampla* y al fondo el juncal *Cyperus articulatus* en el ENP Manglar de Tumulco.



Arboles de apompo o zapote reventador *Pachira aquatica* en el ENP Ciénega del Fuerte.