Informe Final SRAS:

Hábitos alimentarios del cocodrilo de pantano, *Crocodylus moreletii* en el Sureste de México

Alberto J. Castillo

Maestría en Ciencias Biológicas y Sustentabilidad. Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), Av. Héroes de Nacozari 480, Universidad Autónoma de Campeche, 24070, Campeche, México. (al056561@uacam.mx)

Resumen

The research studied the dietary habits of *Crocodylus moreletii* across various locations in Southeast Mexico. Conducted from July 2021 to April 2023, the study aimed to analyze the stomach contents of these crocodiles to understand their diet and the presence of anthropogenic elements like microplastics. A total of 97 stomach content samples were collected from crocodiles of different size classes. The study found that insects were the primary prey for juveniles, while subadults and adults had a more diverse diet including insects, fish, and gastropods. Additionally, microplastics were identified in six crocodiles, primarily from the Laguna de las Ilusiones in Tabasco, indicating environmental contamination.

Introducción

El titulo original del proyecto propuesto ante el CSG y apoyado por el Programa de Asistencia a la Investigación Estudiantil (SRAS) fue el siguiente; "Determinación de microplásticos en contenidos estomacales de cuatro poblaciones de cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) de la península de Yucatán". El proyecto fue replanteado y modificado como; "Hábitos alimentarios del cocodrilo de pantano, *Crocodylus moreletii* en el Sureste de México".

El estudio de la dieta de diferentes organismos permite comprender mejor la red trófica y el impacto de cada organismo o población en el ambiente (Casas y Barrios, 2003). La dieta de varias especies del orden crocodylia sigue un patrón de tipo ontogenético donde los neonatos y juveniles consumen principalmente invertebrados y los adultos incluyen algunos vertebrados. (Cott 1961, Chabreck 1971, Taylor 1979, Webb et al. 1982, Thorbjarnarson 1989; Casas y Barrios, 2003). El cocodrilo de pantano (*Crorodylus moreletii*) no es la excepción, un estudio sobre los hábitos alimentarios de *C. moreletii* en el Norte de Belice (1992–2000) describió que la dieta incluye insectos acuáticos y terrestres, arácnidos, gasterópodos acuáticos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, concluyeron que los juveniles y crías se alimentan principalmente de insectos y arácnidos, los sub-adultos y adultos amplían su dieta para incluir gasterópodos acuáticos, crustáceos, peces y otros vertebrados (Platt et al, 2006).

Las investigaciones sobre el tipo y la forma de consumo alimenticio (gremios tróficos) de las especies se agrupan mediante diferentes métodos, que pueden ser directos o indirectos, ya sea de manera cualitativa a través de observaciones en campo o cuantificada con el estudio de contenidos estomacales (Casas y Barrios, 2003).

En el presente estudio tuvo como objetivo evaluar y describir la composición de la dieta a partir de los contenidos de los estómagos de *C. moreletii*, así como la frecuencia con la que registran elementos exógenos de origen antrópico como microplásticos de diferentes poblaciones de cocodrilo de pantano distribuidas en el Sureste Mexicano.

Métodos

Área de estudio

La colecta de datos se realizó de julio del 2021 a abril del 2023 amparada bajo la licencia de colecta científica SGPA/DGVS/03336/22 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en 12 localidades de cuatro Estados del Sureste Mexicano (tabla 1, figura 1 y 2). Tres sitios de muestreo (Hampolol, Balam Ku y Noc Bec) fueron excluidos del análisis por localidad y tipo de hábitat (figura 5) debido al reducido número de muestras colectadas en ellos (3, 1, 1 muestras respectivamente) .

Tabla 1. Total, de localidades muestreadas en el Sureste de México.

Localidad	***Tipo de habitad***	***Estado***	***Municipio***	***Estado***
Noh Ha	Laguna	Rural	Hopelchen	Campeche
Moku	Laguna	Conservado	Champotón	Campeche
Hampolol	Canal fluvial	Perturbado	Campeche	Campeche
Balam Ku	Aguada	Conservado	Escarcega	Campeche
Chichankanaab	Laguna	Conservado	José María Morelos	Quintana Roo
La Sabana	Laguna	Urbano	Othon O. Blanco	Quintana Roo
Noc Bec	Aguada	Perturbado	Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo
Dzilam de Bravo	Estuario	Impactado	Dzilam de Bravo y Dzidzantún	Yucatán
Ría lagarto	Estuario	Conservado	Río Lagartos	Yucatán
Lagunas de Yalahau	Cenote cielo abierto	Conservado	Homún, Huhí, Tekit y Sotuta	Yucatán
El Zapotal	Cenote cielo abierto	Conservado	Tizimín	Yucatán
Las Ilusiones	Laguna	Urbano	Centro	Tabasco

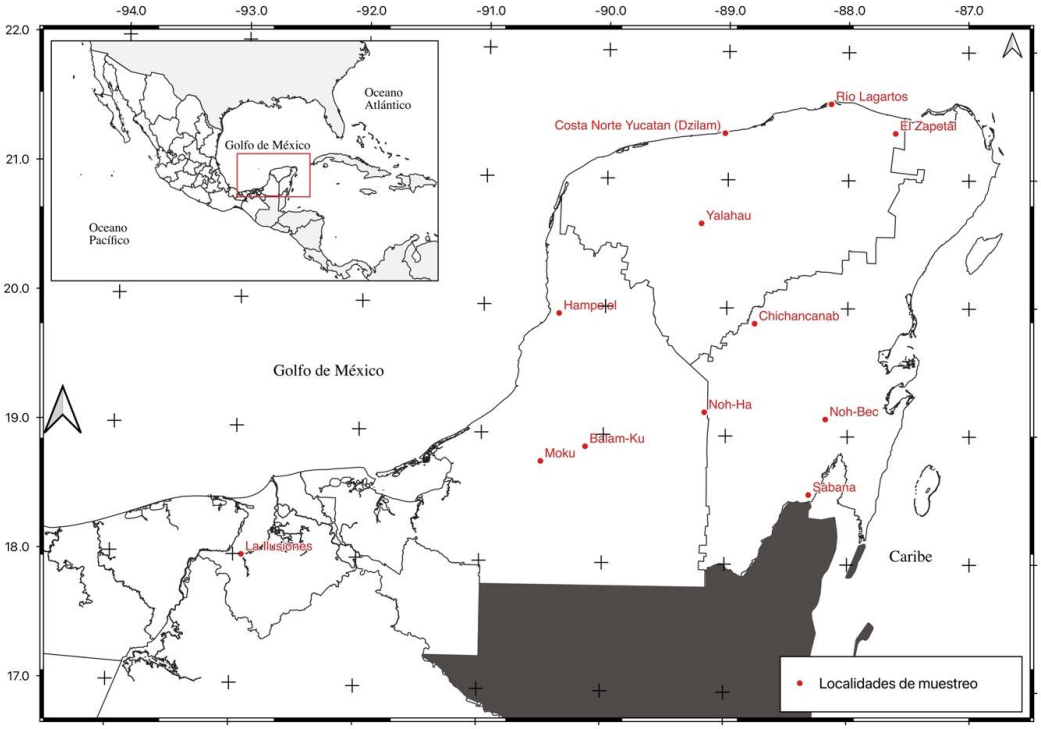


Fig. 1. Mapa con las localidades de muestreo señaladas por un punto rojo.

Colecta de muestras

En cada localidad se realizaron recorridos nocturnos a bordo de una lancha de aluminio impulsada por un motor de 5 hp o 15 hp según las condiciones del sitio. La ubicación de los cocodrilos realizó empleando lámparas de mano y cabeza. Las capturas se realizaron directamente con la mano con ejemplares menores a 1 m de longitud total (TL) o usando una pértiga de aluminio con un lazo metálico con broche de seguridad y una cuerda, descrito Sánchez Herrera y colaboradores (2011) como método de marcaje y recaptura (MRE).

Una vez capturados e inmovilizados los ejemplares, fueron transportados a un campamento en tierra donde se colectaron datos morfométricos como el largo total (TL), largo ventral (SVL), largo total del cráneo (CTL), peso (W) y sexo.

Para obtener las muestras del contenido de los estómagos se realizó el lavado estomacal descrito por González-Jáuregui y colaboradores (2019), que consistió en inmovilizar al cocodrilo, abrir la mandíbula de manera manual sujetando un tubo de PVC de tamaño relativo al ejemplar para mantener el hocico abierto; se levantó la cabeza en un ángulo de 30° para introducir dos mangueras lubricadas con aceite hipoalergénico. A través de una de las mangueras (5 mm diámetro) se bombeó agua a muy baja presión y una vez que el estómago se distendió por estar lleno con el agua, el cocodrilo se inclinó en un ángulo de 45° y mediante un mansaje a los costados del área abdominal se dreno el contenido estomacal a través de la segunda manguera (de 5 a 25 mm de diámetro según la talla del cocodrilo) sobre un tamiz de acero inoxidable de 120 micras, este procedimiento se repitió de 3 a 5 veces para asegurar la mayor cantidad de elementos presentes en el contenido estomacal (Taylor et al 1978; Fitzgerald, 1989). Las muestras fueron drenadas y recopiladas para ser depositadas en frascos individuales y fijadas en metanol al 70%, para el posterior análisis en laboratorio.

Inmediatamente después de haber realizado la colecta de datos y muestras, los cocodrilos fueron liberados en el mismo sitio de su captura, cada ejemplar fue marcado individualmente mediante una etiqueta de acero inoxidable con un código de identificación único, además del corte de

quillas de las escamas caudales con un patrón que permite identificar individualmente a los ejemplares (Sánchez Herrera et al, 2011).

En laboratorio los ítems encontrados en los contenidos de los estómagos fueron identificados hasta el nivel taxonómico más específico posible, cuantificados y fotografiados. Los elementos (ítems) se dividieron en 10 categorías principales; Insectos, Arácnidos, Crustáceos, Peces, Gasterópodos, Mamíferos, Aves, Anuros, Reptiles y elementos no alimentarios. En algunos casos los restos fueron irreconocibles, tratándose de sustrato o arenilla fina, por lo que no se le asigno una categoría, lo que consideramos como estómagos vacíos. Los elementos no alimentarios que también se registraron fueron; restos vegetales incluyendo semillas, parásitos intestinales, nematodos, gastrolítos y microplásticos. Las partículas de posibles polímeros sintéticos (microplásticos) fueron separados, fotografiados y enviados a la Universidad de Ehime, Matsuyama, en Japón. Biotecnología Ambiental. Departamento de Ciencias de la Sostenibilidad, para la determinación de composición.

Resultados

De julio 2021 a abril 2023 se colectó un total de 97 muestras de contenidos estomacales de 12 localidades. En el estado de Campeche; tres de Hampolol, uno en Balam Ku, nueve muestras de la laguna Mocu y 16 de Noh Ha. En Quinta Roo se obtuvieron 11 muestras en Chichancanaab, uno en Noc Bec y 11 en la Sabana, mientras que en el estado de Yucatán se obtuvieron seis muestras en Dzilam de Bravo, nueve en Río Lagartos, seis en El Zapotal y 11 en la Reserva Estatal Lagunas de Yalahau. Para el estado de Tabasco, se colectaron 13 muestras en la laguna urbana de Las Ilusiones, en la Ciudad de Villahermosa (figura 2).

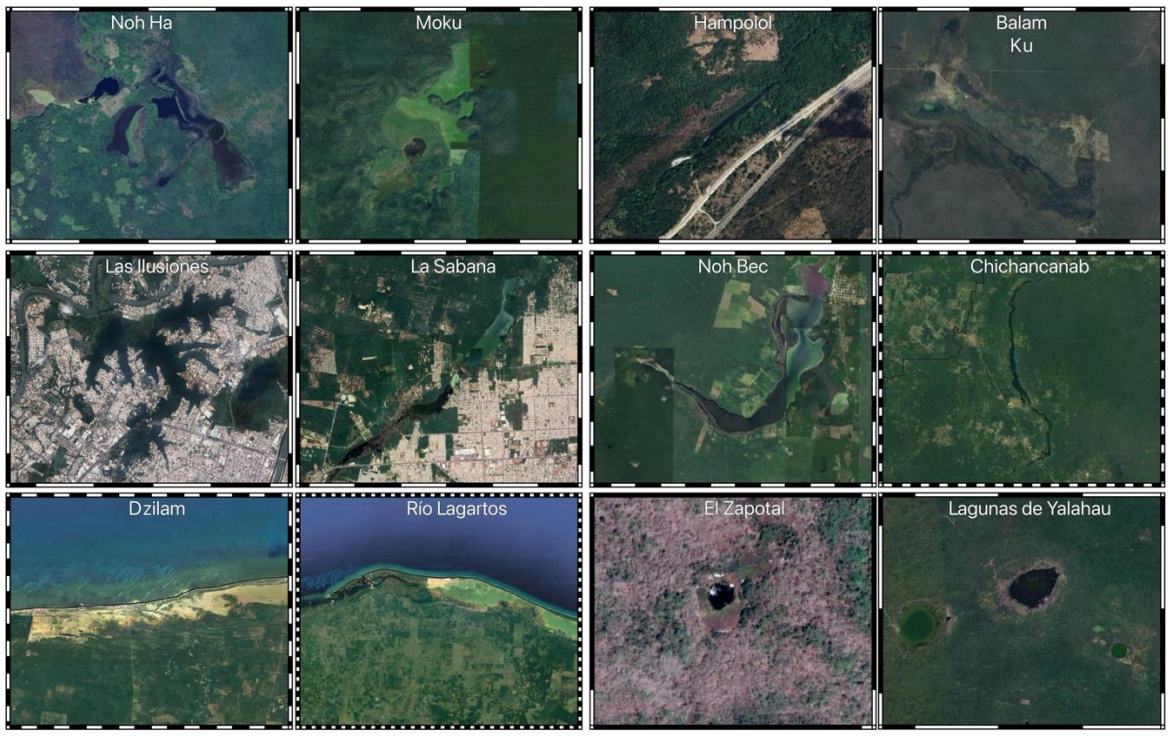


Fig. 2. Los segmentos negros en los marcos de cada imagen representan la escala que es equivalente a 1 km en la localidad.

De todas las muestras, se obtuvieron muestras de 12 ejemplares de clase I (LT < 51.4 cm), 40 ejemplares de clase II (LT ≥ 51.4, < 89.1 cm), 15 ejemplares de clase III (LT ≥ 89.1, < 149.8 cm) y 25 ejemplares de clase IV (LT ≥ 149.8) (Padilla et al, 2020).

El tamaño (TL) promedio de los cocodrilos capturados fue de 101.64 cm (± 54.5) y un peso promedio de 6.67 kg (± 10.08) y la proporción de sexos fue 0.57:1 (hembras: machos) y 19 cocodrilos a los que, por su tamaño, no se identificó el sexo. Registramos 3 estómagos vacíos que corresponden a las clases I y II; los insectos se registraron en 68 muestras (74%), arácnidos en 13 (14%), crustáceos en 13 (14%), restos de peces en 38 (41%), gasterópodos en 25 (27%), mamíferos en 10 (11%), aves en siete (8%), anuros en seis (7%) y finalmente reptiles en tres muestras (3%; figura 3 y 4).

Los insectos fueron las principales presas registradas en los contenidos de los estómagos de las crías (Clase I; 74%) y juveniles (Clase II; 88%), mientras que los peces también se registraron frecuentemente en los contenidos (crías 41%, juveniles 33%). Las clases I y II fueron las que presentaron la menor riqueza y diversidad de presas (figura 4).

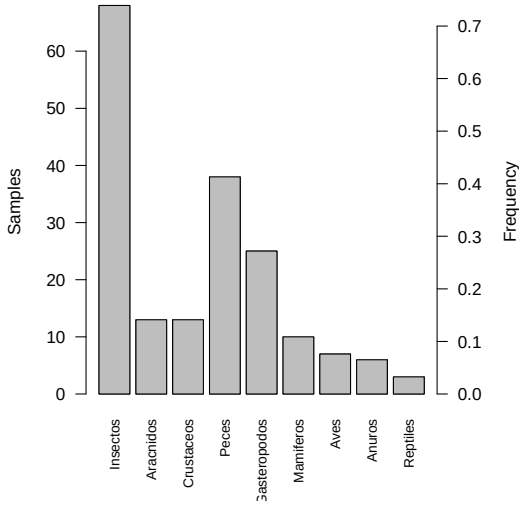


Fig. 3.- Frecuencias absolutas y relativas de ítems en las muestras del contenido de los estómagos de *C. moreletii*

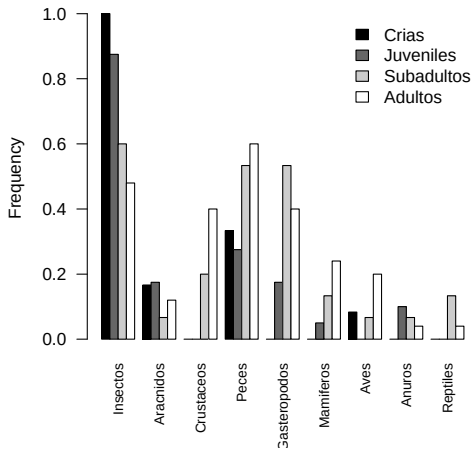


Fig. 4.- Frecuencias de aparición de los elementos de los contenidos estomacales agrupados por clase de tamaño de *C. moreletii* del Sureste mexicano.

En los subadultos (Clase III) registramos que los insectos (60 %), los peces (53 %) y los gasterópodos (53 %) son los grupos de presas que se presentaron con mayor frecuencia, los crustáceos (20 %), mamíferos (13 %) y reptiles (13%) se registraron con menor frecuencia, pero siguen representado una parte importante de la dieta. Los subadultos, junto con los adultos (Clase IV), fueron las clases que presentaron una mayor riqueza y diversidad de presas, si bien, los insectos (60 %) los peces (53 %) y los mamíferos (53 %) en los subadultos y los peces (60 %), los gasterópodos (40 %) y los crustáceos (40 %) en los adultos representan las principales

presas, el resto de los taxones se encuentran frecuentemente en sus contenidos estomacales (figura 4).

Se identificó la composición de microplásticos encontrados en seis cocodrilos. Cinco de estos cocodrilos provinieron de la Laguna de las Ilusiones en Villahermosa, Tabasco, y uno de la laguna de Chichankanaab en Quintana Roo (tabla 2).

Tabla 2. Se enlista la composición de microplásticos encontrados en el contenido estomacal de cocodrilos capturados en La laguna de las Ilusiones y Chichankanaab.

ID	Location	Shape	Color	Length (mm)	Polymer
CR0021	Las Ilusiones	fragment	white	1.02	Polyvinyl chloride
CR0023	Las Ilusiones	line	blue	12.9	Polypropykene
CR0031	Las Ilusiones	film	yellow	8.17	Polyethylene (PE)
CR0032	Las Ilusiones	line	green	4.55	Styrene/Ethylene-Butylene
4089-1	Las Ilusiones	Fragment	White	3.48	Polypropylene (PP)
4089-2	Las Ilusiones	Fragment	White	6.62	PP
4089-3	Las Ilusiones	Fragment	White	5.79	PP
4089-4	Las Ilusiones	Fragment	White	4.54	PP
4089-5	Las Ilusiones	Fragment	White	4.73	PP
4089-6	Las Ilusiones	Fragment	White	3.9	PP
4089-7	Las Ilusiones	Fragment	White	5.33	PP
4089-8	Las Ilusiones	Fragment	Blue	1.45	PE
4089-9	Las Ilusiones	Fragment	Green	0.343	Polyisoprene Rubber
4089-10	Las Ilusiones	Particle	Green	0.312	PE
672-1	Chichankanaab	Film	Blue	1.52	D_Acrylic
672-2	Chichankanaab	Film	Blue	0.949	Polyacetylene

Un Análisis de Varianza Múltiple por Permutaciones (PerMANOVA) indica que el nivel de actividad humana sobre los hábitats muestreados no tuvo efecto ($F_{(3)}$= 1.73, P = 0.075) sobre la composición de la dieta (Tabla 1 y figura 5).

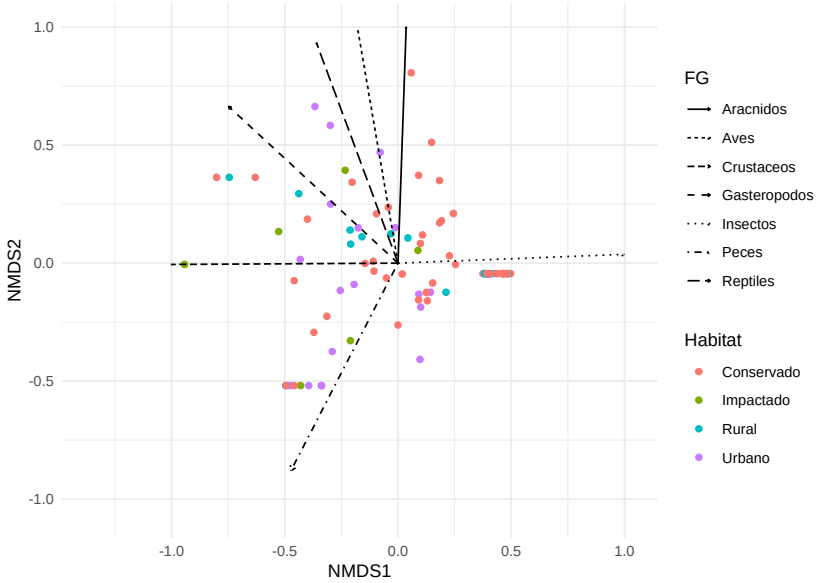


Fig. 5.- Distancias euclidianas producto de las dos primeras dimensiones del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de los contenidos de los estómagos agrupadas por hábitat con los vectores de los grupos taxonómicos correlacionados con hábitat.

Conclusiones

Se trabaja en un análisis más profundo y completo para su publicación en una revista especializada de alto impacto. Del mismo modo, como producto de esta investigación apoyada por el SRAS trabajo en un segundo artículo sobre la presencia de nematodos simbiontes estomacales: *Dujardinascaris helicina* (Nematoda: Ascarididae) y *Contracaecum* sp. tipo 2 (Nematoda: Anisakidae) infectando a *Crocodylus moreletii*. En ambos artículos agradezco el apoyo otorgado por el Programa de Asistencia a la Investigación Estudiantil (SRAS) del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la UICN-SSC, sin el cual habría sido muy difícil concluir este proyecto.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Programa de Asistencia a la Investigación Estudiantil (SRAS) del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la UICN-SSC y por el Grupo Internacional interesado en la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre en la Península de Yucatán. Agradezco al equipo de Investigación y Manejo de Cocodrilos para la Conservación (CRMC), integrado por el Dr. Mauricio González Jáuregui, supervisor del presente trabajo, Sergio Padilla Paz de (CEDESU), el Dr. José António L. Barão-Nóbrega de rePLANET Ltd., Wallace House, Old Bolingbroke, Spilsby, Inglaterra, la Dra. Marisol Buenfil Rojas y el Dr. Hisato Iwata Del Centro de Estudios Ambientales Marinos de la Universidad de Ehime, Matsuyama, Japón. Agradezco también al Dr. Nakata de la Universidad de Kumamoto y a la Dra. Amelia Paredes Trujillo del Laboratorio de Sanidad Acuícola del Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche. Asimismo, extiendo mi gratitud al Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU) de la Universidad Autónoma de Campeche por su apoyo en la realización de esta investigación.

Bibliografía

Casas Andreu, G., y Barrios Quiroz, G. (2003). Hábitos alimenticios de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) determinados por el análisis de sus excretas en la costa de Jalisco, México. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología , 74 (1), 35-42.

Chabreck, R. H. (1971). The food and feeding habits of alligators from fresh and saline environments in Louisiana. Proceedings of the Southeastern Association of Game Fisheries Commissioners Conference 25: 117-124.

Cott, H. B. (1961). Scientific results of an inquiry into the ecology and economic status of the Nile Crocodile (*Crocodylus niloticus*) in Uganda and Northern Rhodesia. Transactions of the Zoological Society of London 29: 211-356.

Fitzgerald, L. A. (1989). An Evaluation of Stomach Flushing Techniques for Crocodilians. Journal of Herpetology, 23(2), 170–172.

González-Jáuregui, M., Borges-Ramirez, M., Barão-Nóbrega, J., Escamilla-López, A., Rendon-von Osten, J. (2019). Stomach flushing technique applied to quantify microplastics in Crocodilians. MethodsX.

Padilla, S. E., González-Jáuregui, M., Von Osten, J. R., Valdespino, C., López Luna, M. A., Quiróz, G. B., & Barão-Nóbrega, J. A. L. (2020). Using regression tree analysis to determine size class intervals and sexual dimorphism in the Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii*. Wildlife Biology, 2020(4), 1-9.

Platt, S. G., Rainwater, T. R., Finger, A. G., Thorbjarnarson, J. B., Anderson, T. A., & McMurry, S. T. (2006). Food habits, ontogenetic dietary partitioning and observations of foraging behaviour of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in northern Belize. The Herpetological Journal, 16(3), 281-290.

Sánchez Herrera, O., López Segurajáuregui., G. García Naranjo Ortiz de la Huerta A. Benítez Díaz H. (2011). Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 270 pp.

Taylor, J. A. (1979). The foods and feeding habits of subadult *Crocodylus porosus* Schneider in northern Australia. Australian Wildlife Research 6: 347-359.

Taylor, J. A., Webb, G. J. W., & Magnusson, W. E. (1978). Methods of obtaining stomach contents from live crocodilians (Reptilia, Crocodilidae). Journal of Herpetology, 12(3), 415-417.

Thorbjarnarson, J. B. (1989). Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*. In: Crocodiles, their ecology, management, and conservation. IUCN Publications New Series. Gland, Switzerland, pp. 229-259.

Webb, G. J., C. Manolis & R. Buckworth. (1982). *Crocodylus johnsoni* in the Mckinlay River area, N. T. I. Variation in the diet, and a new method of assessing the relative importance of prey. Australian Journal of Zoology 30: 877-899.