SRAS Final Report: Evaluación de la translocación de ejemplares de *Crocodylus moreletii* a Yum Balam, Quintana Roo, México

Julio Cesar Gutiérrez Ramírez

Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Av. Centenario km 5.5, Pacto Obrero Campesino, 77014, Chetumal, Quintana Roo, México, (julio_gtz9@hotmail.com)

Resumen

La translocación de ejemplares es una estrategia actualmente utilizada en las acciones de conservación en poblaciones de cocodrilos, por lo que evaluar su eficacia es esencial para determinar su contribución a los valores poblacionales de las especies. Si bien el monitoreo a través de los métodos tradicionales como el conteo y el de captura, marca y recaptura son útiles, la tecnología actual como la radio telemetría pueden resultar en un mejor análisis. Rescatamos a 22 cocodrilos adultos de un área designada como parque recreativo en la Riviera Maya en la costa de Quintana Roo, México. Estos fueron translocados al área natural protegida denominada Área de Protección de Flora y fauna Yum Balam. Se evaluó la supervivencia y dispersión de los especímenes translocados y su posible impacto en la población local de cocodrilos (*Crocodylus moreletii*, *C. acutus* y posibles híbridos), mediante muestreos diurnos y nocturnos, de enero a junio de 2019, así como la búsqueda de cocodrilos translocados. Se estimó la abundancia, estructura de tamaño de clases, y la proporción de sexo de la población de los cocodrilos locales y translocados. Diez cocodrilos translocados fueron marcados con radiotransmisores VHF con un sistema de posicionamiento global, teniendo una búsqueda de la localización de puntos fijos, y utilizando un bote para encontrar animales. No se tuvieron recapturas ni señales de los animales translocados; sin embargo, durante un recorrido aereo se detectaron tres señales de individuos localizados fuera del área de Río Yalikín.

Abstract

The translocation of individuals is a strategy currently used in conservation efforts for crocodile populations; therefore, evaluating its effectiveness is essential to determining its contribution to the species' population levels. While monitoring using traditional methods such as counts and capture-mark-recapture is useful, modern technologies such as radio telemetry can provide a more accurate analysis. We rescued 22 adult crocodiles from an area designated as a recreational park in the Riviera Maya on the coast of Quintana Roo, Mexico. These were translocated to the protected natural area known as the Yum Balam Flora and Fauna Protection Area. We assessed the survival and dispersal of the translocated specimens and their potential impact on the local crocodile population (*Crocodylus moreletii, C. acutus*, and possible hybrids) through diurnal and nocturnal surveys from January to June 2019, as well as searches for the translocated crocodiles. The abundance, size-class structure, and sex ratio of the local and translocated crocodile populations were estimated. Ten translocated crocodiles were tagged with VHF radio transmitters equipped with a global positioning system, using a fixed-point location search and a boat to locate the animals. There were no recaptures or signals from the translocated animals. However, during an aerial survey, three signals were detected from individuals located outside the Río Yalikín area.

Introducción

El cocodrilo mexicano (*Crocodylus moreletii*) es una especie de tamaño medio, con una medida que oscila entre 2.5 m a 4.5 m de longitud total. Se destribuye en el sureste de México, norte de Guatemala y Belice, donde habita en diversos cuerpos de agua con características dulces o saladas, lentas o de corriente (Sigler y Gallegos-Michael, 2017), permitiendo que se desplace por diferentes hábitats, lo cual permite que se le considere un arquitecto del paisaje y un depredador tope dentro de los ecosistemas acuático-terrestres.

La translocación de la vida silvestre es una estrategia de manejo que es altamente usada en la conservación (Field et al., 2007). Usualmente procede a la transferencia de uno o un grupo de individuos con la intensión de

introducir, reintroducir, reubicar o repoblar un hábitat. Esta estrategia de conservación ayuda a mantener a lo largo del tiempo las poblaciones de especies involucradas en áreas donde el hábtat está siendo afectado por actividades antropogénicas (Griffith et al., 1989; Thomassiny-Acosta y Chan-Rivas, 2011).

Los impactos ambientales están sujetos a regulaciones nacionales e internacionales, exigiendo a los desarrolladores de proyectos realizar acciones de reducción, mitigación y compensación del impacto ocasionado. Una de las estrategias de mitigación es el rescate de la fauna silvestre presente en el sitio del desarrollo, con la finalidad de reubicar a la especie a un hábitat similar cercano al sitio de rescate. Sin embargo, para que sea exitosa esta estrategia de manejo, se debe conocer previamente la dinámica de las poblaciones locales en el sitio de la reubicación y posteriormente evaluar la sobrevivencia y la dispersión de los ejemplares reubicados, así como su impacto en la dinámica de las poblaciones locales.

En este contexto, se rescataron 22 ejemplares adultos de *C. moreletii* durante el desarrollo de una obra civil de un parque recreativo de la Riviera Maya en el Caribe Mexicano, reubicándolos en el área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (Figura 1), con el objetivo de evaluar la sobrevivencia y dispersión, así como medir el posible impacto de la introducción de ejemplares ajenos en un sitio con poblaciones locale estables.

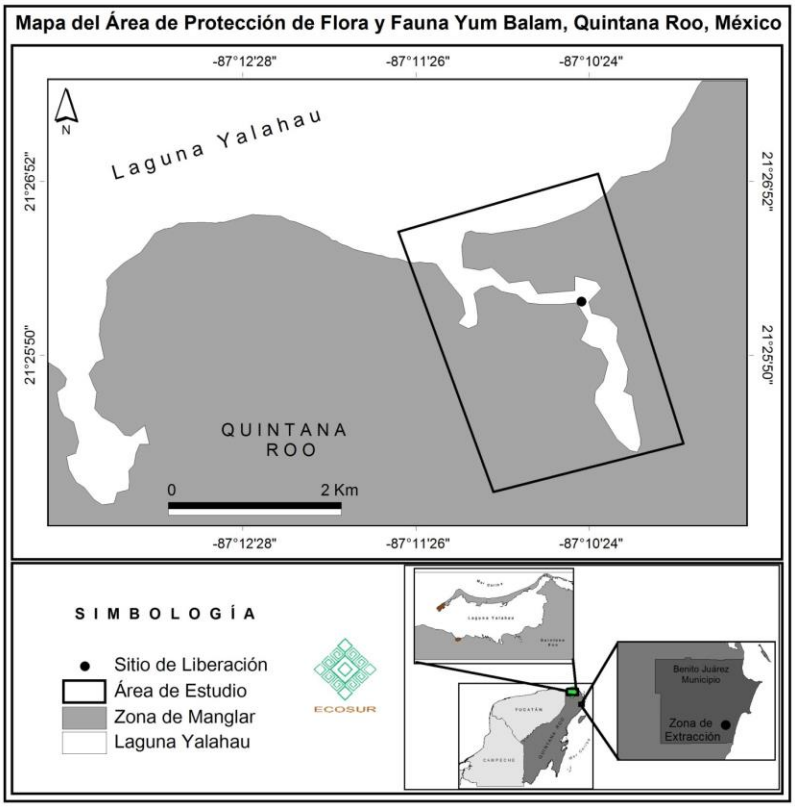


Figura 1.- Área de estudio

Métodos

Utilizamos diversas metodologías que apoyan el trabajo de investigación. Realizamos recorridos nocturnos a bordo de una embarcación para la Detección Visual Nocturna, 30 minutos después de la puesta del sol (Sigler et al. 2011). Luego de ser detectado el reflejo de sus ojos del animal la embarcación se aproximó lo más cerca posible para estimar la talla. Al no ser posible confirmar el tamaño del individuo, el avistamiento se registra como "solo ojos" (Sigler et al. 2011).

También, se registraron con un GPS los puntos de observación, la ruta de muestreo, la velocidad promedio, la distancia recorrida, la clase de tamaño, la especie. Así como parámetros ambientales, como la temperatura del agua-aire al inicio y final de cada recorrido.

Cuando finalizamos los recorridos de detección visual nocturna y en las próximas noches, para determinar la especie, evaluar la estructura de la población y seguimiento a los ejemplares translocados se llevó a cabo la Captura-Marca y Recaptura (Carvajal et al., 2005; García-Grajales y Buenrostro-Silva, 2017).

Las capturas de los ejemplares menores a 70 cm fueron con la mano y los ejemplares de mayor tamaño fueron con lazo de acero sujeto a una pértiga. Una vez capturado el cocodrilo, se les aseguró el hocico con cinta adhesiva y se le cubrieron los ojos para reducir el estrés. Después de asegurar el ejemplar, se realizó el registro de las morfometrías comunes (longitud total, longitud hocico-cloaca, ancho de la cabeza, longitud de la cabeza, ancho del hocico, peso, perímetro base de la cola y sexo). Cada individuo fue marcado a través de un corte en las crestas de las escamas caudales con una clave numérica única, además de una placa metálica interdigital numérica (Sánchez-Herrera et al., 2011). Esta técnica se realizó tanto para las poblaciones locales, así como para los cocodrilos translocados con la finalidad de evaluar su abundancia y dispersión.

Para el seguimiento de los 10 ejemplares (5 machos y 5 hembras) de los 22 ejemplares rescatados y translocados, se colocaron dispositivos de radio-telemetría VHF con GPS fijados a los osteodermos nucales con cables de acero inoxidable recubierto de un polímero de grado quirúrgico y previa limpieza del área con etanol (Brien et al., 2008; Calverley y Downs, 2015).

Los cocodrilos fueron rastreados por medio de un radio receptor portátil con una antena H adjunta o una antena Yagi de cinco elementos desde el sitio de liberación, en puntos fijos, desde la embarcación en recorridos y un sobrevuelo en una aeronave utilizando el método “Homing” (Figura 2; Kay, 2004; Brien et al., 2008; Pough et al., 2016; Landeo-Yauri et al., 2017).



Figura 2.- Rastreo de cocodrilos en: A) puntos fijos, B) navegación en bote, C) vuelo en aeronave.

La densidad relativa se calculó como la tasa de encuentro (cocodrilo/km; Barrios-Quiroz y Cremieux-Grimaldi, 2018), y para la abundancia empleamos el método de la fracción visible para estimar la proporción de cocodrilos que se observan durante un muestreo (Messel et al., 1981). Por otra parte, la aplicación del método de Peterson-Lincoln para la estimación de la abundancia y su intervalo de confianza para contrastarlo con los resultados de la fracción visible (Southwood and Henderson, 2000).

Los cocodrilos observados y capturados se clasificaron en clases de edad para la construcción de un histograma con la frecuencia de cada clase (Aguilar-Galindo, 2005; Sánchez, 2009). La determinación de la proporción de sexo se determinó de forma directa.

La distribución espacial se hizo mediante las proyecciones en un mapa a través de las coordenadas geográficas de las observaciones y las capturas. Se probó si las ubicaciones geográficas de las observaciones y la densidad de los cocodrilos presentaban aleatoriedad espacial completa o binomial negativa (Cabrero-Ortega y García-Pérez, 2015; Hooten et al., 2017; Hernández et al., 2018). Las ubicaciones geográficas de los cocodrilos fueron por medio de la navegación y un sobrevuelo.

Resultados

La investigación inició con la translocación de 22 ejemplares de *C. moreletii* (8 hembras y 14 machos), con dimensiones promedio de 199.68 cm de longitud total y 34.86 kg de peso. El sitio de liberación en Río Yalikín, se seleccionó estratégicamente este sitio por su bifurcación en canales y subcanales (Figura 1), lo que facilita

diversas rutas de dispersión para los cocodrilos. Durante seis meses de muestreo en 2019, se registró una abundancia total estimada de 26.01 individuos (IC95% = 24.09 - 27.93) y una tasa de encuentro promedio de 3.64 ind/km (IC95% = 2.88 - 4.40) (Gutiérrez-Ramírez et al. 2022).

La estructura de la población local mostró una estabilidad notable, con una proporción de sexos 1:1. Las clases de tamaño II (juveniles, 9.66%), III (subadultos, 11.36%) y IV (adultos,13.64%) fueron las predominantes, lo que sugiere una población funcional con presencia de individuos en diversas etapas de desarrollo. Un hallazgo estadístico crítico fue que la distribución espacial no se ajustó a la Aleatoriedad Espacial Completa, es decir por un proceso homogéneo de Poisson (χ^2=56.08, g.l.= 32, p=0.04), Este patrón fue corroborado mediante la distribución binomial negativa, donde resultó altamente significativo (χ^2=36.49, g.l.= 32, p=0.00), confirmando que la población de *C. moreletii* en el Río Yalikín presento una distribución agrupada.

A pesar de capturar 26 cocodrilos (12 *C. moreletii* y 14 *C. acutus*), no se logró ninguna recaptura de los ejemplares translocados. No obstante, se registraron siete recapturas de la población residente; tres de un estudio previo (Gutiérrez-Ramírez, 2016), y cuatro del presente estudio (Gutiérrez-Ramírez et al. 2022), con una distancia promedio de movimiento de 0.17 km. El uso de radio telemetría aérea permitió localizar tres ejemplares translocados a una distancia promedio de 2.60 km del sitio de liberación, moviéndose hacia zonas con alta cobertura de mangle. Por el método de captura-marca-recaptura estimamos un tamaño poblacional de 88 individuos (SE=±9.70).

Discusión

Los resultados validan la translocación como una estrategia de conservación que permite a los individuos integrarse a nuevos hábitats sin desestabilizar la dinámica poblacional local. Según Sánchez-Herrera et al. (2011), la presencia de diversas clases de tamaño indica una población "sana". La estabilidad en las tasas de encuentro post-translocación sugiere que la introducción de nuevos ejemplares no generó competencia excluyente o impactos negativos inmediatos.

La tendencia de los cocodrilos a agruparse en canales mayores coincide con lo propuesto por Hanson et al. (2015), relacionándose con una mayor disponibilidad de presas. Sin embargo, el grado de agregación de la población particular varia acorde con la cantidad de alimento, temperatura del agua-aire (Mazzotti et al., 1986), estado del desarrollo (Southwood y Henderson, 2000) y hasta ciertos niveles de salinidad que los cocodrilos utilizan (Escobedo-Galván et al., 2007; Mazzotti et al., 2019).

Asimismo, la dispersión de los individuos translocados fuera del área de monitoreo confirma que estos animales buscan hábitats subóptimos o territorios vacíos, esto puede atribuirse a que los patrones de movimiento espacio-temporales están influenciados por la jerarquía social, proximidad estacional a zonas de reproducción o anidación, condiciones térmicas, niveles de agua estacionalmente fluctuantes y la territorialidad (Tucker et al., 1997). Hallazgos recientes en ecología del movimiento sugieren que estos desplazamientos exploratorios son fundamentales para el establecimiento de individuos en nuevos entornos (Somaweera et al. 2026). La alta proporción de individuos adultos podría ser un efecto positivo de la reubicación, lo cual es crucial dado que el reclutamiento natural es un proceso lento en cocodrilianos (Grigg y Kirshner, 2015).

Se concluye que la translocación de ejemplares conespecíficos y autóctonos es una herramienta de manejo viable que no altera la dinámica local. No obstante, las limitaciones en la recuperación de datos GPS y la baja tasa de detección aérea subrayan que los patrones de movimiento de *C. moreletii* son más amplios de lo previsto, como lo observado para otras especies que pueden alcanzar ditancias de hasta 87 km (Kay, 2004).

Sin embargo, el comportamiento "arisco" de los cocodrilos y la dispersión detectada subrayan la importancia de continuar con estudios de ecología del movimiento, utilizando tecnología de seguimiento satelital para superar las barreras de terrero, así como de genética de poblaciones para asegurar la viabilidad de las poblaciones. Es importante mantener monitoreo a largo plazo para evaluar el éxito de la inserción reproductiva de los individuos translocados en la dinámica poblacional local con la finalidad de alcanzar la permanencia de la especie a futuro.

Agradecimientos

Agradecemos al personal de la Comisión Nacional de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y del Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. A J. O. Ku May, J. A. López Hernández, J. A. Lemos Barão Nóbrega y S. E. Padilla Paz por el apoyo en el trabajo de campo. Agradezco a Mauricio González Jáuregui, José Rogelio Cedeño Vázquez y Benjamín Morales Vela por el apoyo, seguimiento y mentoría durante el trabajo. Este estudio fue desarrollado por el financiamiento otorgado por el Grupo Experiencias Xcaret; el Programa de Apoyo a Tesis de Maestría de El Colegio de la Frontera Sur quien proporcionó recursos para parte del trabajo de campo y un sobre vuelo en avioneta. Finalmente, agradecemos al Crocodile Specialist Group y la Zoological Society of Hertfordshire por la provisión de fondos para herramientas auxiliares. Esta investigación se llevó a cabo bajo el permiso OFICIO No. SGPA/DGVS/004761/18 emitida por la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Literatura citada

Aguilar-Galindo, A. 2005. Evaluación del estado de conservación del Caiman crocodilus fuscus durante el año 2003-2004, en el sistema Lagunar de Chantuto, Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. México, D.F.

Barrios-Quiroz, G. y J. C. Cremieux-Grimaldi. 2018. Protocolo de rancheo para cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en México. Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.

Brien, M. L., M. A. Read, H. I. McCallum, and G. C. Grigg. 2008. Home range and movements of radio-tracked estuarine crocodiles (*Crocodylus porosus*) within a non-tidal waterhole. Wildlife Research 35:140–149.

Cabrero-Ortega, Y. y A. García-Pérez. 2015. Análisis estadístico de datos espaciales con QGIS y R. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.

Calverley, P. M. and C. T. Downs. 2015. Movement and Home Range of Nile Crocodiles in Ndumo Game Reserve, South Africa. *Koedoe* 57(1), Art. #1234, 13 pages.

Carvajal, R. I., M. Saavedra, y J. J. Alava. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* en la "Resera de producción de fauna manglares El Salado" del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Revista de Biología Marina y Oceanografía 40(2):141-150.

Escobedo-Galván, A., V. Palacios-Chávez, y A. Vovides-Tejera. 2007. *Crocodylus moreletii* (Morelet`s Crocodile) Salinity tolerance. Herpetological Review 39(3):346-347.

Field, K. J., C. R. Tracy, P. A. Medica, R. W. Marlow, and P. S. Corn. 2007. Return to the wild: Translocation as a tool in conservation of the Desert Tortoise (*Gopherus agassizii*). Biological Conservation 136:232-245.

García-Grajales, J. y A. Buenrostro-Silva. 2017. Estimación poblacional del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. Revista Mexicana de Biodiersidad 88:936-943.

Griffithh, B., J. M. Scott, J. W. Carpenter, and C. Reed. 1989. Translocation as a species conservation Tool: Status and Strategy. Science 245:477-480.

Grigg, G. and D. Kirshner. 2015. Biology and evolution of crocodylians. CSIRO Publishing-Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press Ithaca and London. Australia.

Gutiérrez-Ramírez, J. C. 2016. Estado de las poblaciones de *Crocodylus acutus* y *Crocodylus moreletii* en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan.

Gutiérrez-Ramírez, J. C., M. González-Jáuregui, B. Morales-Vela, y J. R. Cedeño-Vázquez. 2022. Evaluation of a translocation of *Crocodylus moreletii* individuals to Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam, Quintana Roo, Mexico. The Southwestern Naturalist 66(3), 250-260.

Hanson, J. O., S. W. Salisbury, H. A. Campbell, R. G. Dwyer, T. D. Jardine, and C. E. Franklin. 2015. Feeding across the food web: The interaction between diet, movement and body size in estuarine crocodiles (*Crocodylus porosus*). Austral Ecology 40:275-286.

Hernández, F. J., C. B. Navarro-Mata, R. Peña-Montañez, y A. Nájera-Luna. 2018. Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9(47):169-186.

Hooten, M. B., D. S. Johnson, B. T. McClintock, and J. M. Morales. 2017. Animal Movement; statistical models for telemetry data. CRC Press – Taylor & Francis Group. Boca Raton.

Kay, W. R. 2004. Movements and home ranges of radio-tracked *Crocodylus porosus* in the Cambridge Gulf region of Western Australia. Wildlife Research 31:495–508.

Landeo-Yauri, S., N. Castelblanco-Martínez, and M. Williams. 2017. Behavior and habitat use of released rehabilitated Amazonian manatees in Peru. Latin American Journal of Aquatic Mammals 12(1-2):17-27.

Mazzotti, F. J., B. Bohnsack, M. P. McMahon, and J. R. Wilcox. 1986. Field and laboratory observations on the effects of high temperature and salinity on hatchling *Crocodylus acutus*. Herpetologica 42(2):191-196.

Mazzotti, F. J., B. J. Smith, M. A. Squires, M. S. Cherkiss, S. C. Farris, C. Hackett, K. M. Hart, V. Briggs-Gonzalez, and L. A. Brandt. 2019. Influence of salinity on relative density of American crocodiles (*Crocodylus acutus*) in Everglades National Park: Implications for restoration of Everglades ecosystems. Ecological Indicators 102:608-616.

Messel, H., G. C. Vorlicek, A. G. Wells, y W. J. Green. 1981. Surveys of tidal river systems in Northern Territory of Australia and their crocodile populations. Monograph 1. Pergamon press. Sydney.

Pough, F. H., R. M. Andrews, M. L. Crump, A. H. Savitzky, K. D. Wells, and M. C. Brandley. 2016. Spatial ecology. In Herpetology fourth edition. USA. Sinauer Associates.

Sánchez-Herrera, Ó., G. López-Segurajáregui, H. Benítez-Díaz, and A. Garcia-Naranjo. 2011. Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano *(Crocodylus moreletii)* México, Belice, Guatemala. Secretaría de Medio Aambiente y Recursos Naturales. México.

Sánchez, O. 2009. Evaluación y monitoreo de poblaciones silvestres de reptiles. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Sigler, L., J. R. Cedeño-Vázquez, and F. Cupul-Magaña. 2011. Método de detección visual nocturna (DVN). In: O. Sanchez-Herrera, G. López-Segurajáuregui, A. García Naranjo-Ortíz de la Huerta, and H. Benítez-Díaz (eds). Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii)* México, Belice, Guatemala (pp. 105-127). México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Southwood, T. R. E. and P. A. Henderson. 2000. Ecological Methods. Blackwell Science, Australia.

Somaweera, R et al. 2026. What is home? Post-release movements of captive-reared and translocated mature saltwater crocodiles in Bangladesh. Wildlife Research 53, WR25141.

Thomassiny-Acosta, J. S. and E. Chan-Rivas. 2011. Cambios en el uso de suelos. In: C. Pozo. (ed.). Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación, Tomo 1. (Pp. 132-135). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D.F.

Tucker, A. D., C. J. Limpus, H. I. McCallum, and K. R. McDonald. 1997. Movements and Home Ranges of *Crocodylus johnstoni* in the Lynd River, Queensland. Wildlife Research. CSIRO Australia and the Australian Academy of Science 24:379–396.