

Eclosión prematura de *Crocodylus moreletii* por “llamados eclosionales”

Premature hatching of *Crocodylus moreletii* by “hatching calls”

HERNÁN MANDUJANO CAMACHO^{1,2*} Y YANN L. HÉNAUT²

¹Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Tuxtla-Ejido Emiliano Zapata km 8.5, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal.

Avenida Centenario km 5.5, C.P. 77900, A.P. 424, Chetumal, Quintana Roo; México

*Correo-e: e-mail: hcamacho@unach.mx

RECIBIDO EL 13 DE JUNIO DE 2014/ ACEPTADO EL 25 DE AGOSTO DE 2014

RESUMEN

Para conocer si las eclosiones prematuras en *C. moreletii* son antecedidas por llamados pre-eclosionales de congéneres, fueron incubados artificialmente huevos de diferente fecha de puesta en cajas de incubación. Las nidadas fueron monitorizadas dos veces al día (0700 y 1900 horas) para registrar la temperatura de incubación y detectar vocalizaciones de los embriones próximos a eclosionar. La temperatura entre las cajas de incubación no varió (ANDEVA, $P \geq 0.9910$, $gl=3$), permanecieron a temperatura promedio de $30.2^{\circ}\text{C} \pm 0.57$ (DE) fluctuando entre 28.8°C y 31.5°C . De los 36 huevos incubados artificialmente, 22 eclosionaron en un periodo de 21 días en seis eventos de eclosión, correspondiendo 91% a embriones que llegaron a término de incubación y 9% a prematuros. De los 14 huevos en los que no hubo eclosión, 71% presentaron muerte embrionaria y 29% fueron huevos infértiles. Excepto la primera eclosión, todas las eclosiones estuvieron antecedidas por llamados pre-eclosionales. Los individuos de nidadas que tuvieron diferencia de fechas de puesta ≥ 11 días al resto de los congéneres en proceso de eclosión fueron prematuros, quizá estimulados por las vocalizaciones de otros individuos en proceso de eclosión.

Palabras clave: Cocodrilo, nidadas, vocalizaciones, incubación, sonido

INTRODUCCIÓN

Los *Crocodylia* eclosionan en grupo emitiendo sonidos durante el proceso, a estos sonidos se les conoce como “llamados eclosionales” y son perceptibles por el oído humano (Lee, 1968; Álvarez, 1974; Hunt, 1975; Britton, 2000). A los sonidos emitidos antes de salir del cascarón se les conoce como “llamados pre-eclosionales” y a los emitidos después de abandonar el cascarón como “llamados pos-eclosionales”.

Las eclosiones en los *Crocodylia* se presentan tras un periodo de incubación que puede ser típicamente de 75 días (Platt et al., 2008) y los embriones que eclosionan al término de su periodo de incubación tienen la particulari-

ABSTRACT

In order to find out if premature hatching in *C. moreletii* is preceded by pre-hatching calls by congeners, eggs from different dates were artificially incubated in incubation boxes. The nesting was monitored twice a day (0700 and 1900 hours) in order to record the temperature of incubation and detect vocalizations of the embryos about to hatch. The temperature of the incubation boxes did not change (ANOVA, $P \geq 0.9910$, $df = 3$); it remained at an average temperature of $30.2^{\circ}\text{C} \pm 0.57$ (SD) ranging from 28.8°C to 31.5°C . Out of the 36 eggs artificially incubated, 22 hatched in a period of 21 days in six hatching events; 91 percent of the embryos completed the incubation period and 9 percent were premature. Out of the 14 eggs that did not hatch, 71 percent had embryonic death and 29 percent were infertile. Except for the first hatching, all hatchings were preceded by pre-hatching calls. Individuals from hatchings with difference of ≥ 11 days with their congeners, were premature; this may have been due to the vocalizations of other individuals in the hatching process.

Key words: Crocodile, nesting, vocalization, incubation, sound

dad de tener una cicatriz ventral longitudinal (Webb y Cooper, 1989). También existen embriones que no llegan al término del periodo de incubación y eclosionan anticipadamente, estas eclosiones prematuras se caracterizan por tener el vientre abierto, incluso con el saco vitelino fuera de la cavidad abdominal.

En estado silvestre, las hembras de *Crocodylia* construyen sus nidos guardando distancia entre ellos. Sin embargo, en condiciones de cautiverio el acomodamiento de las nidadas dentro de la incubadora artificial demanda espacio, quedando nidadas con diferente fecha de puesta próximas entre sí en un ambiente de silencio. Entonces, dado que los embriones y neonatos incubados artificialmente también emiten llamados eclosionales, es posible que los embriones vecinos que no han llegado a térmi-

no de incubación los escuchen y eventualmente salgan del cascarón de forma prematura. Típicamente, las eclosiones prematuras se presentan en una nidada diferente a la que está en proceso de eclosión, pero también se presentan dentro de la nidada en eclosión. A pesar de que las eclosiones prematuras en las granjas de *Crocodylia* son comunes, los reportes son escasos y de tipo anecdótico (Doody, 2014).

Los llamados eclosionales desempeñan una función importante en los despliegues conductuales de eclosión en los *Crocodylia* (Vergne y Mathevon, 2008), como por ejemplo ponerse de acuerdo para abandonar el nido en grupo. En este contexto, se desconoce el tiempo de tolerancia entre fechas de puesta de nidadas vecinas para evitar eclosiones prematuras. Usando a *Crocodylus moreletii* como modelo, el presente trabajo estuvo orientado a explorar si las eclosiones prematuras son antecedidas por llamados pre-eclosionales de congéneres maduros, incubando de manera conjunta huevos con diferente fecha de puesta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) “Granja de Lagartos” es propiedad del gobierno del estado de Tabasco y está localizada en el municipio Centro, en la



Figura 1. Localización de la UMA “Granja de Lagartos” (tomado de Casas et al., 2011).

ranchería “Buena Vista”, Primera Sección (Figura 1). Sus coordenadas geográficas corresponden a 18° 08' 28.7" N y 92° 44' 59.54" O. La “Granja de Lagartos” tiene una superficie total de 6,135 m², de los cuales 5,500 m² están destinados al manejo intensivo de *C. moreletii*.

El clima del municipio Centro, del estado de Tabasco, es del tipo Am (f), definido como cálido-húmedo, con humedad relativa promedio anual de 75%. La temporada de lluvias está comprendida entre los meses de junio a marzo y son más intensas durante el verano; mientras que en el otoño e invierno se presentan tormentas acompañadas de fuertes vientos provenientes del golfo de México. La precipitación anual va de 1,700 a 2,200 mm (INAFED, 2010). La temperatura promedio anual es de 26 °C; mientras que la temperatura máxima promedio anual es de 32 °C y se presenta antes del inicio de la temporada de lluvias, en tanto que la temperatura mínima promedio anual es de 20 °C y se presenta en el mes de enero (García, 1981).

Método empleado

En la temporada reproductiva de 2011 se seleccionaron seis nidadas con diferente fecha de puesta. De cada nidada se emplearon 3 huevos para incubarlos en cajas de incubación diferente, cada caja quedó integrada con 9 huevos (Figura 2). La selección de los huevos se realizó con base en la banda opaca y polos translúcidos que desarrollan, que es indicadora de la viabilidad del embrión (Bolton, 1989). Se empleó vermiculita como sustrato.

Las cajas de incubación consistieron en contenedores de plástico (66 cm de largo x 44 cm de ancho x 39 cm de alto), cubiertos por una tapa en la cual se acondicionó una ventana de cristal para observar el interior. La distancia entre las cajas de incubación fue igual a 10 cm. Las cajas de incubación se monitorizaron dos veces al día (07:00 y 19:00 h) para registrar la temperatura del interior y para detectar los llamados pre-eclosionales de embriones en proceso de eclosión con un estetoscopio. Al momento de escuchar una vocalización, se ubicó el huevo del que provenían las vocalizaciones y se anotó la posición del huevo dentro de la

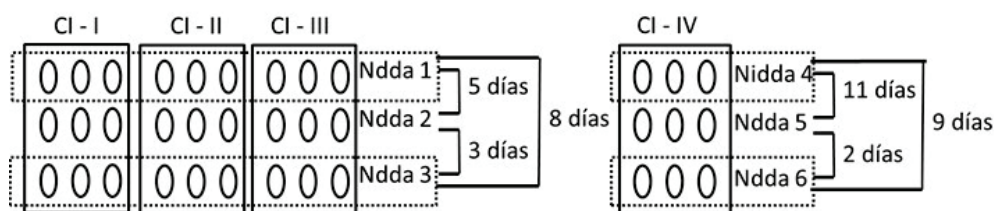


Figura 2. Disposición de los huevos dentro de las Cajas de Incubación (CI-número de caja), número de nidada (Ndda) y diferencia en días entre fechas de puesta de las nidadas.

caja de incubación, así como la fecha y hora. Los neonatos permanecieron en la caja de incubación hasta el final de las eclosiones.

Todos los huevos incubados que no eclosionaron sólo fueron inspeccionados cuando los huevos con fecha más temprana de puesta cumplieron 90 días de incubación. Se registró el número de nido, cantidad de huevos con embriones muertos y huevos infértiles. Para conocer si la temperatura de incubación entre las cajas de incubación fue igual, se aplicó un análisis de varianza en bloques completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El periodo promedio de incubación fue de 83.7 días \pm 4.5 (DE). Las cuatro cajas de incubación permanecieron durante el experimento a temperatura promedio de 30.2 °C \pm 0.57 (DE), fluctuando entre los valores extremos de 28.8 °C y 31.5 °C. No hubo diferencia estadística en la temperatura de incubación entre las cajas de incubación (ANOVA, $P \geq 0.9910$, $gl= 3$).

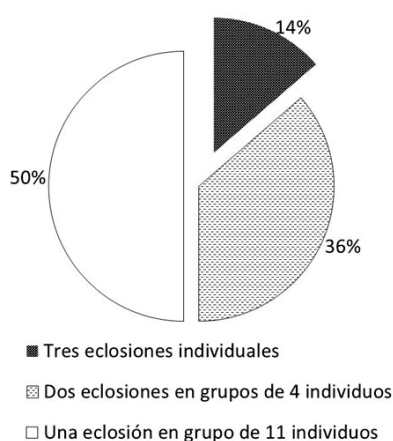


Figura 3. Porcentaje de individuos que eclosionaron individualmente y en grupo (n= 36)

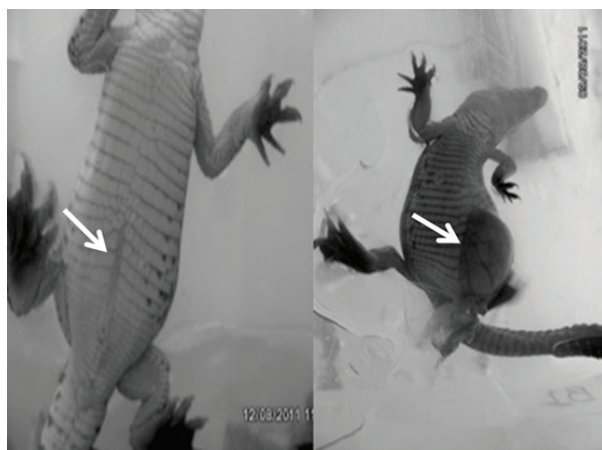


Figura 4. Diferencia en la condición de la cicatriz ventral longitudinal de un ejemplar de eclosión normal (izquierda) y uno prematuro (derecha).

Del total de 36 huevos con diferente fecha de puesta, incubados artificialmente, eclosionaron 22 neonatos. De éstos, 3 eclosiones (14%) se presentaron en tres eventos de eclosión individual, 8 eclosiones (36%) se presentaron en dos eventos de eclosión en grupos de 4 individuos y 11 eclosiones (50%) se presentaron en un solo evento de eclosión (Figura 3). Del total de eclosiones, 2 fueron prematuras (9%), las cuales se presentaron en el evento de eclosión que involucró a la mayoría de ejemplares (Figura 4). De 14 huevos que no presentaron eclosión, 10 huevos (71%) presentaron muerte embrionaria y 4 huevos (29%) fueron huevos infértiles (Figura 5).

En un periodo de 21 días se presentaron 6 eventos de eclosión, 50% de ellos fueron de forma individual y 50% de forma grupal, cada evento involucró diferente proporción de huevos (Figura 6). Todos los embriones emitieron llamados pre-eclosionales antes de romper el cascarón, con excepción del primer individuo, que comenzó a emitir llamados pre-eclosionales sin estímulo previo de otros congéneres en

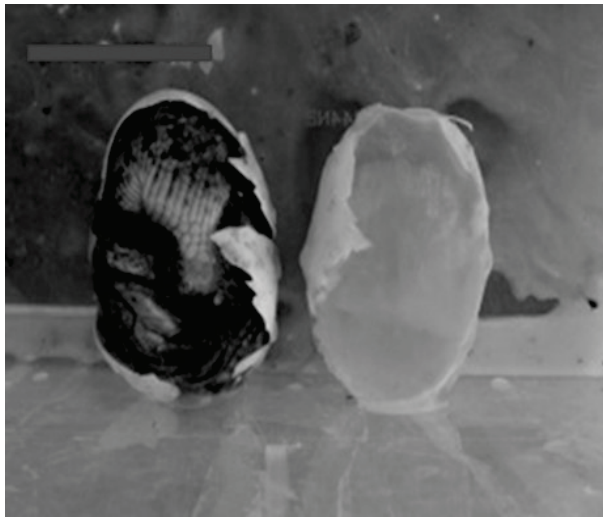


Figura 5. Huevo con muerte embrionaria (izquierda), huevo infértil (derecha).

proceso de eclosión. Durante todo el periodo de eclosión se produjeron coros de llamados eclosionales, con eventos de mayor y menor actividad vocal entre los involucrados.

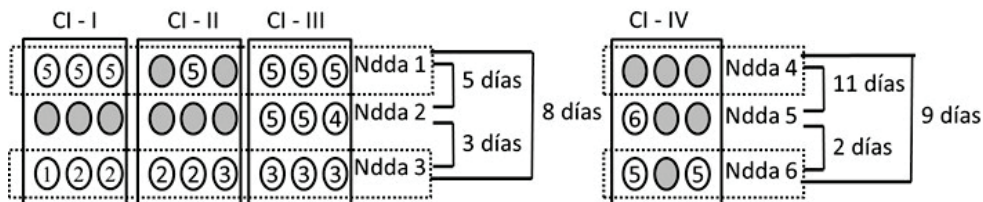
Los primeros llamados de eclosión fueron emitidos en la caja de incubación I, que fue el primero en eclosionar a los 82 días de incubación, seguido de cuatro eclosiones a los 85 días de incubación en las cajas de incubación I y II (dos eclosiones en cada caja). El tercer evento de eclosión ocurrió a los 86 días de incubación en la caja II (una eclosión) y caja III (tres eclosiones). Un ejemplar de la nidada 2 eclosionó en el cuarto evento, a los 87 días de incubación, en la caja III (Figuras 6 y 7).

En el quinto evento de eclosión se presentó 50% de las eclosiones del periodo y hubo eclosiones en todas las cajas de incubación (CI= 3 eclosiones, CI II= 1 eclosión, CI III= 5 eclosiones y CI IV= 2 eclosiones). Las eclosiones correspondieron a las nidadas 1, 2 y 6,

con diferente fecha de puesta (Figuras 6 y 7). Los huevos provenientes de las nidadas 1 y 2 eclosionaron a los 84 y 89 días de incubación, mientras que los huevos del nido 6 se adelantaron al periodo de eclosión promedio y eclosionaron a los 74 días, siendo los dos únicos ejemplares que eclosionaron prematuramente (Figuras 6 y 7). En el sexto evento de eclosión proveniente de la nidada 5, incubada en la caja IV, eclosionó un ejemplar a los 83 días de incubación (Figuras 6 y 7).

En el sexto evento de eclosión el individuo llegó a término de su periodo de incubación y esto ocurrió después de que en el evento de eclosión anterior nacieron la mayoría de congéneres y es el intervalo entre eclosiones de mayor duración (11 días), además de la cercanía de fecha de puesta (2 días) entre las nidadas 5 y 6; de tal forma que, si hubiera eclosionado en el evento de eclosión próximo anterior (evento de eclosión 5), hubiera tenido 72 días de incubación y quizá no hubiera concluido su formación, como en el caso de los congéneres que eclosionaron prematuros a los 74 días de incubación. Entonces, este individuo, a pesar de responder a los llamados vocales de sus congéneres en eclosión, además de su cercanía física y temporal con los otros ejemplares que eclosionaron prematuros, no eclosionó (Figuras 6 y 7).

De 19 individuos que eclosionaron en grupo en diferentes eventos de eclosión, 11 individuos (58%) lo hicieron en el quinto evento de eclosión. Todas las nidadas eclosionaron en mayor tiempo promedio de incubación que lo reportado por Casas et al., (2011) para la misma especie, debido quizá a las diferencias de temperatura a las que fueron incubados



Óvalos con el mismo número, eclosionaron en la misma fecha. Óvalos oscuros, no presentaron eclosión. Ndda = Nidada.

Figura 6. Orden de los eventos de eclosión en las 4 cajas de incubación y diferencia de días de puesta entre nidadas.

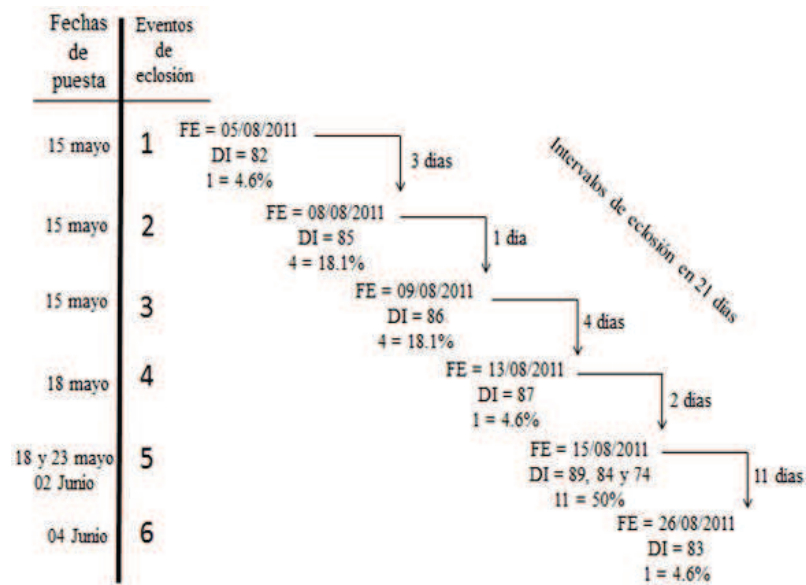


Figura 7. Cronología de los eventos de eclosión. Fechas de Eclosión (FE), Días de Incubación (DI), Número de Eclosiones= porcentaje correspondiente e intervalos de tiempo (días) entre eventos de eclosión.

los huevos en ambos estudios. Sin embargo, considerando el promedio de duración de incubación en este estudio (83.7 días), los dos ejemplares que eclosionaron prematuros presentaron el periodo de incubación más corto (74 días), eclosionando con el grupo con más individuos incluidos (Figura 6). Esto sugiere que los llamados pre-eclosionales emitidos por un grupo grande de ejemplares listos para eclosionar, estimulan la salida de los congéneres que aún no están a término de incubación y se producen las eclosiones prematuras (Foggin, 1987; Hutton y Webb, 1992).

Con base en que 86% de los individuos eclosionaron en grupos (Figura 3, 50%+36%), es posible que el número de individuos que integren un grupo pueda inducir el tiempo en tomar la decisión de abandonar el cascarón y este tiempo se prolongue o disminuya (Conradt y Roper, 2005). Esto podría explicar las variaciones de la diferencia de días entre eventos de eclosión. En el mismo sentido, el número de individuos que eclosionan juntos puede estar en función de la capacidad de ponerse de acuerdo para abandonar el nido, emitiendo llamados pre-eclosionales. De tal forma, el despliegue de comportamientos que impliquen realizar actividades en común, va a depender de lo que una parte relativamente importan-

te de los miembros del grupo realicen (Alcock, 1993), por ejemplo, cuántos individuos componen el coro de eclosión y tomar la decisión entre sumarse al coro o permanecer callado. Esta condición en cautiverio, proyectada a vida libre, podría tener un efecto en mayor o menor grado en el riesgo de depredación que puedan sufrir los neonatos al momento de salir del nido (Álvarez, 1974), radicando en ello la importancia evolutiva de que los embriones emitan sonidos para ponerse de acuerdo antes de abandonar el cascarón y así diluir el efecto de depredación. Adicionalmente, en vida libre el sustrato del nido se compacta (Álvarez, 1974). Entonces, los embriones hallados muertos al interior de nidos silvestres (Pooley, 1977; Ainul, 1999), quizá se trate de los primeros individuos en emitir llamados pre-eclosionales y que perecen asfixiados ante la eventual falta de integrantes sumados al coro para lograr reclutar más integrantes y lograr mayor intensidad en el sonido para atraer a la madre y ser rescatados.

La temperatura ambiental de la zona al final del periodo de incubación desciende (Casas et al., 2011 y 2013); pero la temperatura al interior del nido se mantiene (López-Luna et al., 2015). Entonces, es posible que las condiciones térmicas estables del nido sirvan a los

embriones para desplegar los llamados eclosionales y para sostener su actividad vocal, procurando con ello involucrar al mayor número de individuos para lograr la sincronización de la eclosión. La presencia de eclosiones prematuras en el evento con mayor proporción de eclosiones, sugiere que los llamados preclosionales son un poderoso recurso sonoro que los embriones emplean para sincronizar la eclosión y abandonar el nido en grupo.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (Sernapam), del gobierno del estado de Tabasco, por las facilidades otorgadas. Al Sr. Eloy Ramírez Gutiérrez, responsable técnico de la UMA “Granja de Cocodrilos”, por todo el apoyo brindado. A todo el personal de la granja, por su solidaridad. A Georgina Camas y Edna Alvarado, por su entusiasmo en el trabajo en campo.

REFERENCIAS

- Ainul H. S. 1999. Reproductive success, hatchling survival and rate of increase of gharial *Gavialis gangeticus* in National Chambal Sanctuary, India. *Biological Conservation*. 87:2, Pp 261–268
- Alcock, J. (1993). *Animal behavior: an evolutionary approach*. 5ª Edición. Sinauer Associates. Massachusetts, Estados Unidos de América. 625 p.
- Álvarez del T., M. (1974). Los Crocodylia de México: estudio comparativo. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 70 p.
- Bolton, M. (1989). The management of crocodiles in captivity. FAO. Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/006/t0226e/t0226e00.htm#cont>
- Britton, A. (2000). Review and classification of call types of juvenile crocodylians, In: Grigg, G.C. Seebacher, F. & Franklin, C.E. (Eds.). *Crocodylian biology and evolution*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, pp. 364-377.
- Casas A., G. Barrios Q., G. y Macip R., R. (2011). Reproducción en cautiverio de *Crocodylus moreletii* en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 262-266.
- Casas-Andreu, G. Barrios-Quiroz, G. Escobedo-Galván, A. y Aguilar-Miguel, X. (2013). Sinopsis de datos biológicos y ecológicos del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). Instituto de Biología-UNAM. México, D.F. 63 p.
- Conradt, L. & Roper T., J. (2005). Consensus decision making in animals. *Trends in Ecology and Evolution*. 20(8):449-456.
- Doody, J.S. (2014). Environmentally Cued Hatching in Reptiles. *Integrative and Comparative Biology*. 51(1):49-61.
- Foggini, M.C. (1987). Diseases and disease control in crocodile farms in Zimbabwe. In *wildlife management Crocodiles and alligators*, G.J.W. Webb, S.C. Manolis and P.J. Whitehead (eds.). Surrey Beatty, Chipping Norton, New South Wales, in association with the conservation Commission of the Northern Territory [Australia], pp. 351-362.
- Hunt, R. (1975). Maternal behavior in the morelet's crocodile *Crocodylus moreletii*. *Copeia* 4:763-764.
- Hutton J., M. y G.J.W. Webb. (1992). Introducción a la cría de cocodrilos, 10ª Reunión de Trabajo del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la UICN/CSS, pp. 13-14.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Sitio oficial: <http://www.inafed.gob.mx/>
- Lee, D.S. (1968). Possible communication between eggs of the American Alligator. *Herpetologica* 4(1):88.
- López-Luna, M.A. Hidalgo-Mihart, M.G. Aguirre-León, G. González-Ramón, M.C. & Rangel-Mendoza, J.A. (2015). Effect of nesting environment on incubation temperature and hatching success of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in an urban lake of Southeastern Mexico. *Journal of Thermal Biology* 49-50:66-73.
- Platt, S.G. Rainwater, J.B. Thorbjarnarson, J.B. & McMurry, S.T. (2008). Reproductive dynamics of a tropical freshwater crocodylian: Morelet's crocodile in northern Belize. *Journal of Zoology* 275:97-208.
- Pooley A. C. 1977. Nest opening response of the Nile crocodile *Crocodylus niloticus*. *Journal of Zoology*. 182:1. Pp 17-26
- Vergne y Mathevon. (2008). Crocodile egg sounds signal hatching time. *Current Biol*. 18:513-514.
- Webb, G.J.W. & Cooper, P.H. (1989). Effects on incubations temperature on Crocodiles and de evolution of reptilian oviparity. *Amer. Zool*. 29: 953-971.