

Éxito de eclosión por incubación artificial en nidos de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylia) en cautiverio

Pablo S. Hernández-Hurtado¹, Fernando Vega-Villasante², Helios Hernández-Hurtado¹, Fabio Germán Cupul-Magaña², Rafael García de Quevedo-Machain²

¹ Reptilario Cipactli, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

² Centro de Investigaciones Costeras, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

La determinación del tamaño de la nidada (número de huevos puestos) y el éxito de eclosión (número de huevos que eclosionan del total de huevos puestos) provee información fundamental para la conservación y el manejo de los cocodrilos, ya que permite evaluar los efectos del ambiente sobre la incubación y comprender si estos reptiles se están reproduciendo en forma exitosa (Thorbjarnarson, 1989; Casas-Andreu, 2003).

El cocodrilo de río o americano, *Crocodylus acutus*, es una especie ampliamente distribuida en las costas del Atlántico y el Pacífico de México, Centroamérica, norte de Sudamérica, diversas islas caribeñas y el sur de la Florida en los Estados Unidos (Ernst *et al.*, 1999). Deposita sus huevos en agujeros excavados en la arena u otra clase de material cerca de matorrales o áreas arboladas. Los nidos son construidos generalmente sobre el nivel de inundación de los márgenes de ríos, pantanos, lagos o lagunas que habita (Álvarez del Toro y Sigler, 2001; Cifuentes y Cupul, 2004).

Este comportamiento de anidación no sólo favorece la incubación de los huevos (desarrollo del embrión) por efecto de la temperatura; sino que además permitirá que este factor determine el sexo de los embriones al final de su desarrollo (Huchzermeyer, 2003). Asimismo, al ubicar los nidos en un terreno elevado se evitará su destrucción por anegación al incrementarse el nivel de las aguas durante la época de lluvias (Kushland y Mazzotti, 1989; Thorbjarnarson, 1989).

En el caso de la incubación artificial, ésta se realiza principalmente en las granjas de cultivo en cautiverio para incrementar el éxito de eclosión al mantener la temperatura y humedad controladas y óptimas (Huchzermeyer, 2003).

En el Zoocriadero de Manzanillo en Cuba se ha logrado registrar un éxito de eclosión del 79,4% (n = 267 huevos incubados) en la incubación artificial del

cocodrilo americano (Cisneros-Suárez *et al.*, 2009). En Venezuela, el éxito de eclosión ha sido del 65,6% de un total de 305 huevos incubados (Barros *et al.*, 2010). En México, se han obtenido registros del 55% (n = 140 huevos incubados) en nidadas provenientes de "La Encrucijada" (Sigler, 1999) y del 62% (n = 250 huevos colectados) para el "Cañón del Sumidero" (Domínguez-Lazo, 2006) en Chiapas; y hasta del 90% (n = 27 huevos incubados) en las instalaciones del "Reptilario Cipactli" en Puerto Vallarta, Jalisco (Hernández-Hurtado, 2008).

Desde 1979 el cocodrilo de río o americano, *C. acutus*, se encuentra incluido en el Apéndice I de CITES, en virtud de la declinación de sus poblaciones por cacería o pérdida de hábitats a lo largo de sus zonas históricas de distribución (Thorbjarnarson *et al.*, 2006). Por tal motivo, los resultados de éxito de eclosión por incubación artificial de puestas entre los años 2008 a 2010 dentro del programa de manejo del cocodrilo americano en las instalaciones del Reptilario Cipactli, Puerto Vallarta, México, presentados en esta nota, permitirán aportar información para planear estrategias para el mantenimiento de poblaciones viables con fines de aprovechamiento comercial o conservación en sus ecosistemas naturales (Thorbjarnarson *et al.*, 2006).

Las observaciones de incubación artificial se realizaron en las instalaciones de la Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) "Reptilario Cipactli" (registro INE/CITES/DGVS-CR-IN-0610-JAL./00), ubicadas dentro del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara en la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco, México.

La colecta de huevos se efectuó en el mes de marzo de los años 2008, 2009 y 2010, dentro de montículos de arena colocados al interior del estanque (superficie de acuaterrario de 1.300 m²) de una hembra (talla de 2,70 m) y un macho (talla 3,20 m)

reproductores del “Reptilario Cipactli”. Los huevos fueron contados y retirados de los nidos en un lapso no mayor a 12 hrs posteriores a su ovoposición, medidos en su diámetro máximo largo y ancho con un calibre Mitutoyo® ($\pm 0,01$ mm) para calcular el volumen a partir de la fórmula de una elipse en revolución ($V = (\pi/6) Ld^2$, donde V es el volumen, L diámetro máximo largo del huevo y d diámetro máximo ancho del huevo; Nolan y Thompson, 1978), pesados en una báscula digital Ohaus® (± 1 g) y colocados en cajas de plástico con arena para su traslado al laboratorio. Cada nidada fue incubada en cajas de poliestireno de 40x30x30 cm con perforaciones en el fondo para evitar el exceso de humedad y cubiertas de arena desinfectada con una mezcla de 10 ml de yodo por cada 1.000 ml de agua. La temperatura (30-32°C) y la humedad (70-80%) de incubación se intentaron mantener constantes al exponer las cajas de poliestireno a la radiación de una bombilla de 125 volts y al rociar y empapar la arena con agua con un aspersor manual por la mañana (Hutton y Webb, 1992; Bolton, 1994; Masser, 1993; Aguilar-Miguel, 1995; Sigler, 1999). Para cada nidada se registró la duración de la incubación en días.

Transcurrido el período de incubación y después de la eclosión de los huevos, se contabilizó el número de crías nacidas vivas, nacidas muertas (mortinatos), muertes embrionarias y huevos infértiles para calcular el éxito de eclosión como el porcentaje del total de huevos puestos. Los neonatos fueron medidos en su talla o longitud total (de la punta del hocico a la punta de la cola) con una cinta métrica (± 1 mm) y pesados con una báscula digital Ohaus® (± 1 g). Cada cría se identificó individualmente al asignarle un código numérico por la amputación de las escamas dobles y simples caudales (Domínguez-Laso *et al.*, 2011).

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre el éxito de eclosión (expresado como la proporción de huevos eclosionados y no eclosionados) en las tres nidadas, se realizó una Prueba de Hipótesis sobre Proporciones (chi-cuadrada) con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ (Sigarroa, 1985). La normalidad de los datos de peso y volumen de los huevos, así como talla y peso de los neonatos para las tres nidadas estudiadas, se probó con un contraste de normalidad de Shapiro-Wilks con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Esta prueba mostró que el 41% de las muestras violaron el supuesto de normalidad (2008, talla neonatos $W_{22} = 0,8265$; 2009, peso huevos $W_{36} = 0,9302$, volumen

huevos $W_{36} = 0,9270$; 2010, peso huevos $W_{37} = 0,8688$, volumen huevos $W_{37} = 0,8749$). Por tal motivo, para todas las muestras se emplearon pruebas no paramétricas para el contraste de hipótesis de trabajo. Así, se aplicaron pruebas de Hipótesis de Kruskal-Wallis con $\alpha = 0,05$ (Sigarroa, 1985) para establecer la existencia de diferencias significativas entre los valores de peso de los huevos, volumen de los huevos, talla de los neonatos y peso de los neonatos para las tres nidadas, respectivamente. En las pruebas donde se obtuvieron diferencias significativas, se realizaron comparaciones por pares entre las muestras con un contraste por Corrección de Bonferroni con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Se utilizó el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001) para llevar a cabo los análisis estadísticos.

Los tres períodos de incubación están alrededor del límite mínimo de 75 días que Álvarez del Toro y Sigler (2001) estimaron para la especie en el país (Tabla 1). Asimismo, se ha documentado que temperaturas de incubación entre 29°C a 33°C favorecen el rápido crecimiento de los embriones (Huchzermeyer, 2003), lo que acorta el periodo de incubación (Aulie *et al.*, 1989; Masser, 1993; Álvarez del Toro y Sigler, 2001; Barros *et al.*, 2010).

La proporción de huevos eclosionados y no eclosionados por nidada fue significativamente diferente entre los distintos años ($X_{22,101} = 15,47$; $P < 0,05$; Tabla 1), con mayor éxito de eclosión para la nidada del 2010 y menor para la del 2009. Tanto los registros de número de huevos como éxito de eclosión se observaron próximos o dentro de los límites que históricamente se han obtenidos para la especie en el medio silvestre dentro de la región de Puerto Vallarta, Jalisco; con valores entre los 16 a 34 huevos y éxito de eclosión entre el 71,42% al 100% (Cupul-Magaña *et al.*, 2004). Sin embargo, se esperaría que los registros de éxito de eclosión por incubación artificial fueran mayores que los obtenidos en el medio silvestre, ya que no existiría pérdida de huevos por depredadores y se controlarían, hasta cierto punto, las variables ambientales (Hutton y Webb, 1992; Masser, 1993).

Los valores promedio de peso y volumen de los huevos, talla y peso de los neonatos se presentan en la Tabla 2. El contraste de hipótesis para estas variables por nidada permitió establecer la existencia de diferencias significativas entre el peso de los huevos ($H_{3,101} = 49,73$; $P < 0,05$), el volumen de los huevos ($H_{3,101} = 11,83$, $P < 0,05$) y la talla de los neonatos ($H_{3,77} = 39,56$; $P < 0,05$), respectivamente. Por su parte, sólo

Tabla 1. Registros de puestas de huevo en los tres nidos de cocodrilo de río en cautiverio en el “Reptilario Cipactli”

Nido	# huevos	# huevos eclosionados	# huevos no eclosionados	# huevos infértiles	Éxito de eclosión (%)	Periodo de incubación
2008	28	22	6	5	78,57	72
2009	36	20	16	0	55,50	75
2010	37	35	2	2	94,59	76

en el peso de los neonatos no fue posible establecer la existencia de diferencias significativas por nido ($H_{3,77} = 0,08015$; $P > 0,05$).

En cuanto al peso de los huevos por nidada, el contraste por pares con la Corrección de Bonferroni estableció que fue significativamente diferente entre las tres nidadas ($P < 0,05$, 2008 vs 2009; $P < 0,05$, 2008 vs 2010; $P < 0,05$, 2009 vs 2010): mayor peso para el 2008 y menor para el 2009 (Tabla 2). Para el volumen de los huevos por nidada, el contraste por pares estableció diferencias significativas entre el volumen de la nidada del 2008 vs del 2009 ($P < 0,05$) y del 2008 vs la del 2010 ($P < 0,05$). En ambos casos, el volumen de los huevos fue mayor para el nido del 2008 (Tabla 2). La diferencia entre el volumen de los huevos del nido del 2009 vs del 2010 no fue significativa ($P > 0,05$).

Tanto el peso como el volumen promedio de los huevos incubados artificialmente (Tabla 2), fueron menores a los observados para la especie en condiciones silvestres en la región de Puerto Vallarta, Jalisco; los cuales alcanzaron un peso promedio de entre 100 g y 107,2 g y un volumen entre 93,16 cm³ y 95,56 cm³ (Cupul-Magaña *et al.*, 2004). Es posible que el tamaño de los huevos (en peso y volumen) sea mayor en el medio silvestre porque las hembras reproductoras son más viejas en edad que las de cautiverio. De hecho, el tamaño de los huevos de los cocodrilos varía con la edad de la hembra, donde hembras jóvenes ponen huevos más pequeños que las viejas (Greer, 1975; Huchzermeyer, 2003). Aunque también pueden estar involucradas las condiciones ambientales imperantes durante la época reproductiva (Kratohvíl y Kubička, 2007).

Por su parte, en cuanto al tamaño de los huevos para los nidos artificiales, se observó que el peso y el volumen fueron significativamente mayores en el 2008 con respecto al 2009 y 2010, año para el cual también se observó el menor número de huevos por nido con respecto a los dos años posteriores (Tabla 2). Lo anterior tal vez está relacionado con el tamaño de la nidada, ya que se ha observado en distintas especies de reptiles que el tamaño de la nidada está

negativamente correlacionado con el tamaño de los huevos (Ford y Siegel, 1989; Bosh y Bout, 1998) o, simplemente, sea resultado de la variabilidad interanual que puede ocurrir entre las nidadas para un mismo individuo (Platt *et al.*, 2011).

Para la talla de los neonatos por nidada, el contraste por pares estableció que fue significativamente diferente entre las tres nidadas ($P < 0,05$, 2008 vs 2009; $P < 0,05$, 2008 vs 2010; $P < 0,05$, 2009 vs 2010): mayor talla para los neonatos del 2009 y menor para el 2008 (Tabla 2). Es posible establecer que, aunque los huevos del nido del 2009 no fueron los de mayor tamaño (fueron los del 2008), su incubación a mayor temperatura favoreció un mejor desarrollo de los embriones; de hecho, se ha determinado que la talla durante el periodo de incubación depende de la temperatura (Huchzermeyer, 2003); sin embargo, nuestros datos de temperatura no son suficientes y confiables para sustentar esta afirmación.

Las diferencias encontradas a partir del contraste de hipótesis estadísticas para los tres periodos de incubación (2008, 2009 y 2010) entre peso y volumen de los huevos y talla y peso de los neonatos, también pueden ser confirmadas de manera conjunta a partir de un análisis de correlación de Spearman que establece y estima la asociación entre dos variables (Sigarra, 1985). Así, se encontró que los coeficientes mostraron correlaciones positivas, significativas ($P < 0,05$) y diferentes para cada par de variables en cada una de las nidadas (Tabla 2).

Los resultados obtenidos a lo largo de estos tres años de experimentación muestran que es factible la realización de incubaciones artificiales exitosas en cautiverio dentro del “Reptilario Cipactli”, ya que los registros de tamaño de nidada y éxito de eclosión se encuentran dentro de los límites máximos y mínimos observados para la especie en el medio silvestre regional. Esto es alentador, ya que el “Reptilario” cumpliría así con su función primordial de contribuir a la recuperación de la población de cocodrilos en la región (Cupul *et al.*, 2000), la cual está en riesgo porque los ejemplares son eliminados del medio natural al reducirse sus espacios (lagunas

Tabla 2. Valores promedio (\pm desviación estándar) para las variables morfométricas de huevos y neonatos para los nidos artificiales y coeficientes de correlación de Spearman (r_s) para peso y volumen de los huevos y talla y peso de los neonatos de cocodrilo de río del “Reptilario Cipactli”.

Nido	Peso promedio huevos (g)	Volumen promedio huevos (cm ³)	Talla promedio neonatos (cm)	Peso promedio neonatos (g)	r_s peso y volumen	r_s talla y peso
2008	100,07 \pm 2,80	86,53 \pm 3,07	26,41 \pm 1,01	61,95 \pm 4,44	0,49130	0,11813
2009	90,25 \pm 4,63	82,46 \pm 4,95	28,19 \pm 0,42	61,90 \pm 3,47	0,77273	0,49885
2010	96,62 \pm 6,68	83,16 \pm 5,52	27,18 \pm 0,71	61,77 \pm 3,94	0,85732	0,65703

costeras) por el crecimiento urbano o porque se les maltrata y mata por considerárseles perniciosos (Cupul-Magaña *et al.*, 2004)

Por otra parte, el éxito en las actividades de incubación y eclosión de los huevos también puede contribuir a la realización de acciones de “rancheo”; las cuales consisten en la extracción de huevos de nidos naturales para su incubación artificial, nacimiento de crías y su sucesivo crecimiento en cautiverio, para su utilización comercial o reintroducción al medio natural (Ross y Garnett, 1989). En este sistema es importante esperar el tiempo suficiente para confirmar que la especie se encuentra en franca recuperación y realizar el inventario de las poblaciones naturales de las que se extraen los huevos, para evitar así una merma significativa en el recurso (Cupul-Magaña *et al.*, 2004).

Literatura citada

- Aguilar-Miguel, X. 1995. Efecto de la temperatura de incubación sobre la determinación de sexo en *Crocodylus acutus* y *Crocodylus moreletii*. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 6: 43.
- Álvarez del Toro, M. & L. Sigler. 2001. Los Crocodylia de México. 1ra. edición. IMERNAR-PROFEPA. México, D.F.
- Aulie, A.; Kanui, T.I. & G.M.O. Maloiy. 1989. The effects of temperature on oxygen consumption of eggs and hatchlings of the Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 93: 473-475.
- Barros, T.; Jiménez-Oraá, M.; Heredia, H.J. & A.E. Seijas. 2010. Artificial incubation of wild-collected eggs of American and Orinoco crocodiles (*Crocodylus acutus* and *C. intermedius*), Guárico and Zulia, Venezuela. *Conservation Evidence* 7: 111-115.
- Bolton, M. 1994. La explotación del cocodrilo en cautividad. Guía FAO Conservación 22. Roma.
- Bosh, H.A.J. & R.G. Bout. 1998. Relationships between maternal size, egg size, clutch size, and hatchling size in European lacertid lizards. *Journal of Herpetology* 32: 410-417.
- Casas-Andreu, G. 2003. Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del río Cuitzmalá, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)* 89: 111-128.
- Cifuentes, J.L. & F.G. Cupul. 2004. ¿Los terribles cocodrilos? Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 136.
- Cisneros-Suárez, G.; Fuentes-Hernández, L.C.; Rosell-Pardo, R.; Ramírez-Pulido, A. & M. Pérez-Gómez. 2009. Incubación seminatural del cocodrilo americano. *Revista Científica Equipo Federal del Trabajo* 49: 1-4.
- Cupul, F; Hernández, H.; Rubio, A.; García de Quevedo, R.; Gómez, S.; Estrada, G. & L. González. 2000. La UMA “Reptilario Cipactli” como apoyo a las acciones de conservación de *Crocodylus acutus* a los gobiernos municipales de Bahía de Banderas: Primera parte. *Boletín Informativo de la Sociedad para el Estudio y Conservación de los Cocodrilos de México S.A. (SECOCOM)* 2: 8.
- Cupul-Magaña, F.G.; Rubio-Delgado A.; Reyes-Juárez, A. & A. de-Niz Villaseñor. 2004. Historia Natural del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en el Estero Boca Negra, Jalisco, México: anidación y crecimiento de neonatos. *Ciencia y Mar* 8: 31-42.
- Domínguez-Laso, J. 2006. Project “Sumidero Croc”: nesting of *Crocodylus acutus* in Cañón del Sumidero, Chiapas. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 25(4): 6-9.
- Domínguez-Laso, J.; Hinojosa-Falcón, O. & S. Padilla-Paz. 2011. Método de marcaje y recaptura de ejemplares. 129-185. En: Sánchez-Herrera, O.; López Segurajáuregui, G.; García Naranjo Ortiz de la Huerta, A. & H. Benítez-Díaz (eds.), Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*). CONABIO-SEMARNAT, México, D.F.
- Ernst, C.H.; Ross, E.D. & C.A. Ross. 1999. *Crocodylus acutus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 700: 1-17.
- Ford, N.D. & R.A. Siegel. 1989. Relationships among body size, clutch size, and egg size in three species of oviparous snakes. *Herpetologica* 45(1): 75-83.
- Greer, A.E. 1975. Clutch size in crocodilians. *Journal of Herpetology* 9(3): 319-322.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1). Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Último acceso: 28 diciembre 2011.
- Hernández-Hurtado, P.S. 2008. La UMA Reptilario Cipactli: una alternativa de desarrollo sustentable en Bahía de Banderas, México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, México.
- Huchzermeyer, F.W. 2003. Crocodiles: biology, husbandry and diseases. CABI Publishing; 2003. Oxon, UK.
- Hutton, J.M. & G.J.W. Webb. 1992. An introduction to the farming of Crocodilians: 5-15. En: Luxmoore, R.A. (ed.), Directory of crocodilian farming operations. IUCN. Gland, Switzerland.

- Kratochvíl, L. & L. Kubička. 2007. Why reduce clutch size to one or two eggs? Reproductive allometries reveal different evolutionary causes of invariant clutch size in lizards. *Functional Ecology* 21: 171–177.
- Kushlan, J.A. & F.J. Mazzotti. 1989. Population biology of the American crocodile. *Journal of Herpetology* 23(1): 7-21.
- Masser, M.P. 1993. Alligator production breeding and egg incubation. Southern Regional Aquaculture Center 231: 1-7. Disponible en: <http://www.ca.uky.edu/wkrec/AlligatorBreedingEggs.pdf>. Último acceso: 20 diciembre 2011.
- Nolan, V.Jr. & C.F. Thompson. 1978. Egg volume as a predictor of hatchling weight in the brown-headed cowbird. *Wilson Bulletin* 90(3): 353-358.
- Platt, S.G.; Monyrath, V.; Sovannara, H.; Kheng, L. & T.R. Rainwater. 2011. Nesting phenology and clutch characteristics of captive Siamese crocodiles (*Crocodylus siamensis*) in Cambodia. *Zoobiology* doi: 10.1002/zoo.20418.
- Ross, C.A. & S. Garnett. 1989. Crocodiles and alligators. Facts on File. New York.
- Sigarroa, A. 1985. Biometría y diseño experimental: parte 1 y 12. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.
- Sigler, L. 1999. Conservación del cocodrilo de río *Crocodylus acutus* en el Parque Nacional Cañon del Sumidero. 47-49. En: Anónimo (ed.), Memorias Reunión de Trabajo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los *Crocodylia* en México (COMACROM): Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- Thorbjarnarson, J.B. 1989. Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*. 228-259. En: Hall P. & R. Bryant (eds.), *Crocodiles: Their Ecology, Management, and Conservation*. IUCN. Gland, Switzerland.
- Thorbjarnarson, J.B.; Mazzotti, F.; Sanderson, E.; Buitrago, F.; Lazcano, M.; Minkowski, K.; Muñiz, M.; Ponce, P.; Sigler, L.; Soberon, R.; Trelancia, A.M. & A. Velasco. 2006. Regional habitat conservation priorities for the American crocodile. *Biological Conservation* 128: 25-36.

Recibida: 12 Enero 2012

Revisada: 04 Enero 2013

Aceptada: 14 Enero 2013

Editor Asociado: M. Vaira

© 2013 por los autores, licencia otorgada a la Asociación Herpetológica Argentina. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-No Comercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/>

