

Proporción de Sexos de Neonatos de *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) Producidos en la Naturaleza

SIMONCINI, Melina.^{1,2}; Carlos I. PIÑA^{1,2}; Pablo SIROSKI^{1,3}; Félix B. CRUZ⁴ y Alejandro LARRIERA^{1,5}

Abstract: SEX RATIO OF *Caiman latirostris* HATCHLINGS (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) INCUBATED IN THE WILD *Caiman latirostris* presents temperature dependent sex-determination. Under artificial incubation, eggs incubated at 29°C or 31°C produce 100% females, meanwhile at 33°C 100% males are produced and incubation at higher temperature (34.5°C) induces both sexes. Incubation temperature of wild nests could be influenced by different factors, affecting hatchling sex. In this study, we compare four reproductive seasons, analyzing the relationship between proportion of females and climatic variables of that period. We use 60 nests, collected in wild populations after sex was already fix (not change on sex occurs after 41 days of incubation). Animals were sexed when one year of age or older. We found that females' proportion was different among seasons, but not related to any of the climatic variables analyzed, but we assume this was possible due to sampling size. On the other hand, during the study period the amount of nests producing 100% females were triplicated, which could be related to air mean temperature and the number of storms during the thermo-sensitive period.

Key words: broad snouted caiman, temperature sexual determination, climatic variables.

Resumen: PROPORCIÓN DE SEXOS DE NEONATOS DE *Caiman latirostris* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) PRODUCIDOS EN LA NATURALEZA Se ha demostrado que la temperatura de incubación determina el sexo de los embriones de *Caiman latirostris*. Bajo condiciones de laboratorio, los huevos incubados a 29°C o 31°C producen 100% hembras, en tanto que a 33°C 100% machos y a 34,5°C se generan ambos sexos. Bajo condiciones naturales la temperatura del nido puede ser influenciada por diversos factores, afectando la proporción de hembras que se producen. En el presente trabajo se comparó 4 temporadas reproductivas, y se relacionó la proporción de sexos con las variables climáticas correspondientes a dicho período. Se utilizaron 60 nidos, los que fueron cosechados en la naturaleza luego de que la diferenciación sexual se diera por las condiciones ambientales y los individuos producidos fueron sexados aproximadamente al año de edad. Simultáneamente se confeccionó una base de datos meteorológicos correspondientes al período termosenible registrado previamente para la especie (entre los días 19 y 41). Se hallaron diferencias en el porcentaje de hembras producidas entre dos de las temporadas, aunque no estuvo relacionado con ninguna de las variables climáticas analizadas, pero esto se debería a los pocos datos obtenidos hasta el momento. Además encontramos que la cantidad de nidos que produjeron solamente hembras se triplicó lo que se relacionaría a la temperatura media y la cantidad de tormentas durante el período en que el sexo es determinado.

Palabras claves: yacaré overo, determinación sexual por temperatura, variables climáticas.

Introducción

La importancia del fenómeno de “Calentamiento Global” reside en los efectos potenciales sobre los sistemas vivientes (McCarty, 2001). Pudiendo influir en la salud,

¹ Proyecto Yacaré (Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Fe / MUPCN), Bv. Pellegrini 3100, Santa Fe (3000), Argentina.

² CIC y TTP – CONICET, Proyecto Yacaré. Dr. Materi y España, (3105) Diamante, Entre Ríos. Argentina. melinasimoncini22@yahoo.com.ar, cidcarlos@infoaire.com.ar

³ Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Santa Fe (3000), Argentina. psiroski@santafe.gov.ar

⁴ CONICET-CRUB-UNCOMA, Quintral 1250, S.C. Bariloche (8400), Río Negro. felicbc@yahoo.es

⁵ Facultad de Humanidades y Ciencias- Universidad Nacional del Litoral. yacare@arnet.com.ar

distribución de las poblaciones y características tales como el crecimiento y la reproducción (Root *et al.*, 2003; Saether *et al.*, 2000; Forchhammer *et al.*, 1998). Comprender cómo las especies son afectadas por la variación climática contemporánea podría ayudar a predecir las consecuencias ecológicas del cambio climático global (CCG - Weatherhead, 2005).

Los taxos que poseen determinación sexual por temperatura (DST), como muchos reptiles, podrían ser las más susceptibles a los cambios climáticos. Estudios llevados a cabo con *Chrysemys picta* estiman que un incremento de 4°C en la temperatura ambiente produciría cohortes unisexuales de machos (Janzen, 1994). *Caiman latirostris*, por poseer DST, es potencialmente susceptible al CCG ya que en laboratorio se ha observado que con cambios de 1 a 2°C la proporción de sexos de las crías se sesgan, pasando de 100% hembras (a 29 o 31° C) a 100% machos a 33°C (Piña *et al.*, 2003). No obstante, hasta la actualidad no se han llevado a cabo estudios de proporción de sexos obtenidos en nidos en la naturaleza.

En este trabajo analizamos si las variaciones del clima pueden modificar el sexo de los embriones en desarrollo. Comparamos la proporción de sexos de crías de *Caiman latirostris* incubadas en la naturaleza, producidas en diferentes temporadas reproductivas y tratamos de relacionar estos resultados con diferentes variables climáticas.

Métodos

Analizamos las crías producidas en 4 temporadas reproductivas (2000, 2001, 2002 y 2004) correspondientes a 60 nidos de los tres ambientes utilizados por *C. latirostris* en la provincia de Santa Fe – Proyecto Yacaré (ver tabla 1 de Montini *et al.*, 2006). Los huevos fueron cosechados de poblaciones naturales posterior a su diferenciación sexual (solo se utilizaron los nidos que estuvieron bajo incubación artificial como máximo 30 días; Piña *et al.*, 2007) y sexados aproximadamente al año de edad. Simultáneamente confeccionamos una base de datos meteorológicos: temperaturas medias, máximas y mínimas del aire; total de precipitaciones, número de días precipitados desde el 01/ENE al 15/FEB de cada año estudiado; correspondiente al período termosensible (entre los días 19 y 41 aproximadamente; Piña *et al.*, 2007). Los datos meteorológicos utilizados fueron obtenidos de sitios web de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad Nacional del Litoral, de Comunicaciones del gobierno de Santa Fe y del Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Argentina (METEOFA). Estas variables climáticas locales fueron usadas para identificar la relación entre dichas variables y la proporción de sexos obtenidos en la naturaleza. La proporción de hembras producidas en cada año fue analizada mediante ANOVA, y por medio de regresiones la proporción de hembras producidas en cada temporada reproductiva con las variables meteorológicas estudiadas.

Análisis

La proporción de hembras producidas varió del 52% (en la temporada 2001) al 86% (en la temporada 2002). De las cuatro temporadas analizadas solo las de temperaturas extremas fueron diferentes (2001 y 2002; $P < 0,05$; Figura 1). Ninguna de las variables climáticas estudiadas afectaría la proporción de hembras producidas ($P > 0,05$). Las relaciones entre la proporción de hembras en los nidos incubados naturalmente y la temperatura media (Figura 2), temperatura mínima (Figura 3) y la cantidad de lluvia

(Figura 4), no fueron significativos probablemente por el bajo número de temporadas analizadas.

Tabla 1: Porcentaje de hembras y porcentaje de nidos que solo produjeron hembras en las cuatro temporadas evaluadas.

Temporada Reproductiva	N	% Hembras	Total nidos unisexuales	% Nido unisex. Hembras
2000	7	66,1±30	1	14,3%
2001	13	52±39,7	3	15,4%
2002	11	86,1±15,2	5	45,45%
2004	29	71,8±26,7	7	24,1%

Durante los cuatro años de estudio observamos, que la proporción de nidos que produjeron solamente hembras se triplicó (de la temporada 2000 a la 2002; Tabla 1). Asimismo encontramos que el porcentaje de nidos en los que se produjeron 100% de hembras estaría relacionado inversamente con la temperatura media (Figura 5) y la cantidad de tormentas (Figura 6) durante el período en que el sexo es determinado.

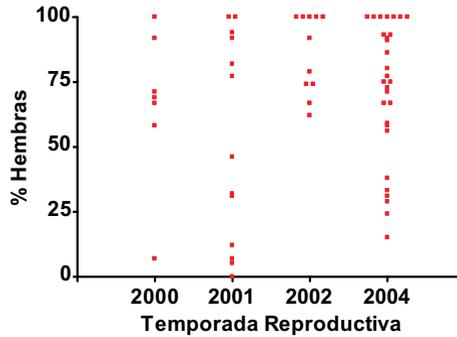


Figura 1: Porcentaje de hembras producidas en cada nido durante cada temporada reproductiva de *C. latirostris*.

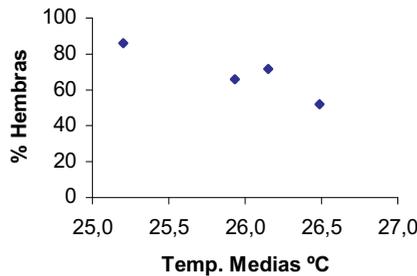


Figura 2: Porcentaje de hembras producidas en nidos naturales de *C. latirostris* y la temperaturas medias durante el periodo de determinación sexual en cada temporada.

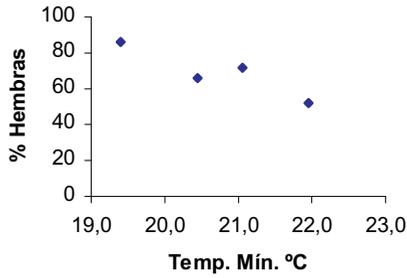


Figura 3: Porcentaje de hembras producidas en nidos naturales de *C. latirostris* y la temperaturas mínimas durante el periodo de determinación sexual en cada temporada.

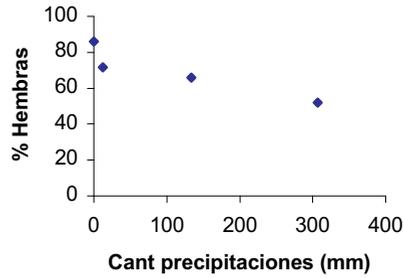


Figura 4: Porcentaje de hembras producidas en nidos naturales de *C. latirostris* y la cantidad de precipitaciones (mm) durante el periodo de determinación sexual en cada temporada.

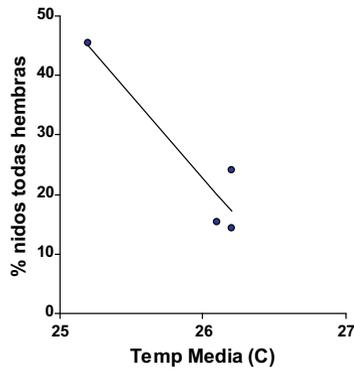


Figura 5: Porcentaje de nidos unisexuales hembras y las temperaturas medias durante el periodo de determinación sexual de cada temporada reproductiva de *C. latirostris*

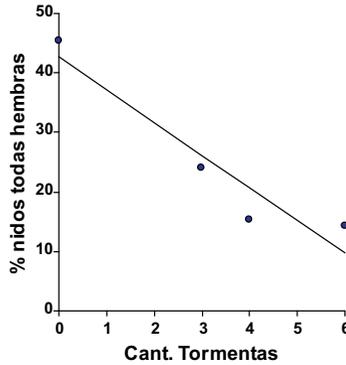


Figura 6: Porcentaje de nidos unisexuales hembras y la cantidad de tormentas producidas durante el periodo de determinación sexual en cada temporada reproductiva de *C. latirostris*

Discusión

La proporción de los sexos producidos en la naturaleza ha estado en la mira de los investigadores desde los tiempos de Darwin (1871), continuado con los trabajos de Fisher (1930), y posteriormente tomando mayor énfasis a partir del fenómeno del calentamiento global y la vulnerabilidad a la extinción de las especies con determinación sexual por temperatura (Girodont *et al.*, 2004). Entre otros Crews *et al.* (1991, 1994), y Ferguson y Joanen (1982) describieron la DST en muchos grupos de reptiles incluidos los cocodrilianos estudiados a la fecha; asimismo, han demostrado que estos animales pueden equilibrar la proporción de los sexos sin requerir de la determinación cromosómica y/o genética (Lance *et al.*, 2000). Dado que los reptiles con DST no ejercen un control directo sobre la temperatura de incubación, el clima tiene un impacto muy importante en la proporción de sexos de la población (Ewert *et al.*, 2005; Miller *et al.*, 2004). En estudios previos con nidos de tortugas, Hays *et al.* (2003) establecieron una conexión entre las condiciones meteorológicas y la temperatura de incubación.

La relación proporción de sexos – variables meteorológicas detectada, no fue significativa, posiblemente a los pocos datos obtenidos hasta el momento, pero estos parecen indicar algunas tendencias: al aumentar las temperaturas máximas y medias disminuyen la proporción de hembras en los nidos de yacarés, lo que es razonable y mostraría una influencia directa sobre el nido debido a que temperaturas mayores producen machos. También notamos que al aumentar la cantidad de agua precipitada disminuye la cantidad de hembras producidas en los nidos, contrariamente a lo observado en trabajos anteriores (Rhodes y Lang, 1996; Campos, 1993), en los que aseguran que en años secos se produce mayor cantidad de machos por el aumento de la temperatura de incubación en el nido.

En los nidos naturales la temperatura fluctúa alrededor de la temperatura que desarrolla ambos sexos, sin embargo es frecuente observar nidos cuyas crías son todos machos o todas hembras en un área dada (Shine, 1999). Ewert *et al.* (1994) indican que gran parte de los nidos de reptiles son unisexuales; en nuestro trabajo encontramos que se ha triplicado la cantidad de nidos unisexuales de hembras de la temporada 2000 a la del 2002, acompañando al aumento de un grado centígrado en la temperatura media ambiental.

De cumplirse las predicciones sobre el aumento de la temperatura en los próximos años (debido al cambio climático), y de no ocurrir un cambio en la conducta de nidificación de los yacarés (información desconocida para todas las especies del orden), es posible que en las próximas temporadas pudiéramos tener una gran disminución del número de hembras producidas, y posibles extinciones locales a mediano plazo (Girodant *et al.*, 2004). Para algunos autores la eficiencia en la reproducción sexual requiere del balance poblacional entre machos y hembras; inclusive adjudican a un desbalance producido por la DST y ciertas condiciones climáticas, la extinción de los archosaurios ancianos y dinosaurios (Ferguson y Joanen, 1982; Head *et al.*, 1987; Janzen *et al.*, 1988).

Este es el primer estudio en nuestro país, en el que se evalúa la proporción de sexos de las crías de reptiles con determinación sexual por temperatura bajo condiciones naturales durante varias temporadas. Este tipo de estudios deberían implementarse con otras especies y mantenerse en el tiempo para conocer si la proporción de hembras que se producen en las diferentes temporadas están relacionadas a las variables climáticas y afectadas al fenómeno del calentamiento global. A su vez los datos obtenidos en este tipo de estudios podrán ser muy útiles para estimar la tendencia de las proporciones sexuales de las poblaciones y a su vez poder predecir cual será su comportamiento ante los cambios climáticos, para planificar acciones, desde los programas de manejo.

Agradecimientos

A los miembros del Proyecto Yacaré: Amavet, P., Fernández, L., Imhof, A., Jungman, J., Núñez, N., Parachú, V., Poletta, G., Príncipe, G. por su colaboración y apoyo. Como así también agradecer al Proyecto Yacaré, Yacarés Santafesinos (Min. Prod. / MUPCN); PICT 2005 N° 31679 y PIP 6375. Esta es la contribución # 74 del Proyecto Yacaré. M.S. becaria doctoral de CONICET.

Bibliografía

- Campos, Z. 1993. Effect of habitat on survival of eggs and sex ratio of hatchling *Caiman crocodilus yacare* in the Pantanal, Brazil. *Journal of Herpetology* 27:127-132.
- Crews, D.; J. J. Bull y T. Wibbels. 1991. Estrogen and sex reversal in turtles: a dose-dependent phenomenon. *General Comparative Endocrinology*, 81:357-64.
- Crews, D.; J. M. Bergeron; J. J. Bull; D. Flores; A. Tousignant; J. K. Skipper y T. Wibbels. 1994. Temperature-dependent sex determination in reptiles: proximate mechanisms, ultimate outcomes, and practical applications. *Developmental Genetics*, 15:297-312
- Darwin, C. 1871. The descent of man and selection in relation to sex. John Murray, London.
- Ewert, M. A.; D. R. Jackson y C. E. Nelson. 1994. Patterns of temperature-dependent sex determination in turtles. *Journal of Experimental Zoology* 270:3-15.
- Ewert, M. A.; J. W. Lang y C. E. Nelson 2005. Geographic variation in the pattern of temperature-dependent sex determination in the American snapping turtle (*Chelydra serpentina*). *Journal of Zoology London* 265:81-95.
- Ferguson M. W.; T. Joanen. 1982. Temperature of egg incubation determines sex in *Alligator mississippiensis*. *Nature*, 296:850-3
- Fisher, R. A. 1930. The genetical theory of natural selection. Oxford University Press, Oxford.
- Forchhammer, M. C.; E. Post y N. C. Stenseth. 1998. Breeding phenology and climate. *Nature*, 391:29-30.
- Girodant, M.; V. Delmas; P. Rivalan; F. Courchamp; A. Prevot-Julliard y M. H. Godfrey. 2004. Implications of temperature-dependent sex determination for population dynamics. In: N. Valenzuela and V. Lance (eds.), Temperature-dependent sex determination in vertebrates. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 148-155.
- Hays G. C.; A. C. Broderick; F. Glen y B. J. Godley. 2003. Climate change and sea turtles: a 150 year reconstruction of incubation temperatures at a major marine turtle rookery. *Global Change Biology*, 9:642-646.
- Head G.; R. M. May y L. Pendleton. 1987. Environmental determination of sex in the reptiles. *Nature*, 329:198-9.
- Janzen, F. J. 1994. Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA* 91, 7487-7490.
- Janzen, F. J. y G. L. Paukstis. 1988. Environmental sex determination in reptiles. *Nature*, 332:790.

- Lance, V. A.; R. M. Elsey y J. W. Lang. 2000. Sex ratios of American alligators (Crocodylidae): male or female biased? *Journal of Zoology London* 252:71-78.
- McCarty, J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology*, 15:320-331.
- Miller, D. J. Summers y S. Silber. 2004. Environmental versus genetic sex determination: a possible factor in dinosaur extinction? *Special Contribution Fertility and Sterility*, Vol 81, 4:954-964.
- Montini, J. P.; C. I. Piña; A. Larriera, P. Siroski y L. M. Verdade. 2006. The relationship between nesting habitat and hatching success in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). *Phyllomedusa* 5 (2): 91-96
- Piña, C. I.; A. Larriera y M. Cabrera. 2003. The effect of incubation temperature on hatching success, incubation period, survivorship and sex ratio in *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). *Journal of Herpetology* 37:199-202.
- Piña, C. I.; P. Siroski; A. Larriera; V. Lance y L. M. Verdade. 2007. The temperature-sensitive period (TSP) during incubation of Broad-Snouted Caiman (*Caiman latirostris*) eggs. *Amphibia-Reptilia*, 28:123-128.
- Rhodes, W. E. y J. W. Lang. 1996. Alligator nest temperatures and hatching sex ratios in coastal South Carolina. *Proc. Annu. Conf. Southeast Assoc Fish Wildl. Agencies* 49:640-646
- Root, T. L.; J. T. Price y K. L. Hall. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421:57-60.
- Saether, B. E.; J. Tufto; S. Engen; K. Jerstad; O. W. Rostad y K. E. Skatan. 2000. Population dynamical consequences of climate change for a small temperature songbird. *Science*, 287:854-856.
- Shine, R. 1999. Why is sex determination by nest temperature in many reptiles? Trends. *Ecology and Evolution*, 14:186-189.
- Weatherhead, P. J. 2005. Effects of climate variation on timing of nesting, reproductive success, and offspring sex ratios of red-winged blackbirds. *Global change ecology. Oecologia*, 144:168-175.

Recibido 12 de diciembre de 2007
Aceptado 14 de marzo de 2008

