

Revista Española de Herpetología



$$t = \tau \ln \frac{[A_{TL} - TL_0]}{[A_{TL} - TL_t]}$$



Asociación Herpetológica Española

Volumen 18 (2004)

VALENCIA

Crecimiento en talla y peso del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) durante su primer año de vida

FABIO GERMÁN CUPUL-MAGAÑA,¹ ARMANDO RUBIO-DELGADO² &
ABRAHAM REYES-JUÁREZ¹

¹ Departamento de Ciencias, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara,
Av. Universidad de Guadalajara No. 203, Delegación Ixtapa,
C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México
(e-mail: fabio_cupul@yahoo.com.mx)

² Departamento de Ecología, Subdirección de Medio Ambiente y Ecología del H.
Ayuntamiento de Puerto Vallarta, Pelicanos No. 136, Fracc. Los Sauces, Puerto Vallarta,
Jalisco, México

Resumen: Adaptamos la ecuación de intervalo-crecimiento de von Bertalanffy a datos de longitud total (desde la punta del hocico hasta la punta de la cola) tomados de individuos de *Crocodylus acutus* capturados y recapturados en diferentes años y estimamos las tasas de crecimiento intrínsecas para crías no sexadas. Aparentemente las crías exhibieron un crecimiento relativo constante, que fue mayor en los primeros 90 a 100 días de vida, alcanzando una talla teórica de 71 cm al año de edad. Hipotetizamos que los patrones de crecimiento específico maximizan el esfuerzo reproductivo de *C. acutus*. También sugerimos que la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estima con precisión la talla máxima a edades tempranas.

Palabras clave: cocodrilo, crecimiento, modelos, von Bertalanffy.

Abstract: Size and weight growth of the American crocodile (*Crocodylus acutus*) during its first year of life. – We fit the von Bertalanffy growth-interval equation to data on total length (anterior tip of snout to posterior tip of the tail) taken from *Crocodylus acutus* individuals captured and recaptured in different years, and estimated intrinsic growth rates for unsexed newborns. Apparently the newborns displayed relative constant growth, which is greater during the first 90 to 100 days, reaching a theoretical size of 71 cm at one year of age. We hypothesize that specific growth patterns maximize reproductive effort of *C. acutus*. We also suggest the von Bertalanffy growth equation accurately estimates minimum size at early ages.

Key words: crocodile, growth, models, von Bertalanffy.

INTRODUCCIÓN

El cocodrilo americano, *Crocodylus acutus*, se distribuye por la vertiente mexicana del Pacífico, aunque sus límites hacia el noroeste no están bien definidos (SMITH & SMITH, 1977; THORBJARNARSON, 1989; CASAS-ANDREU & MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, 1992). Ocupa zonas costeras, grandes ríos o lagos, y anida en hoyos o terraplenes (CAMPBELL,

1972). En cuanto a su crecimiento, éste puede ser extremadamente rápido durante los dos primeros años de vida. Las tasas de crecimiento son altas durante los meses siguientes a la eclosión, en ocasiones excediendo los 0.3 cm de longitud total/día (THORBJARNARSON, 1989).

La velocidad de crecimiento individual tanto en talla como en peso tienen importantes consecuencias demográficas, ya

que afectan a la edad y el tamaño al que se logra la primera reproducción, que a su vez pueden afectar a la supervivencia y la fecundidad del adulto (STEARNS, 1992). De hecho, en la mayoría de las poblaciones de cocodrilos el crecimiento es considerablemente mayor en los neonatos que en juveniles y adultos (THORBJARNARSON, 1989), situación que comparten con otros vertebrados como las lagartijas. Por ejemplo, TINKLE *et al.* (1993) realizaron un trabajo demográfico de 11 años para *Sceloporus graciosus* y encontraron que su crecimiento durante el primer año es mayor cuando éste es precedido por años en donde ocurrieron reducciones en la densidad poblacional.

Ante la escasa información que existe sobre el crecimiento en talla y peso de *C. acutus*, este estudio contribuye al conocimiento del crecimiento del cuerpo como un parámetro en la historia de vida de los cocodrilos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre julio de 2003 y septiembre de 2004 en el estero Boca Negra, Jalisco, México (20° 39' - 20° 42' N, 105° 15' - 105° 17' W; Fig. 1). Boca Negra posee una superficie de 0.15 km² y se encuentra rodeado de mangle blanco, *Laguncularia racemosa*. Recibe aportes de agua por percolación del mar adyacente y por escorrentía durante la temporada de lluvias en junio-octubre (CUPUL-MAGAÑA *et al.*, 2002).

Durante el período de estudio se llevaron a cabo 23 expediciones (de una noche de duración cada una y realizadas a intervalos irregulares de 7, 15 o 20 días) a Boca Negra para capturar y recapturar a las crías de cocodrilos de las camadas nacidas en el 2003 procedentes de cuatro nidos activos de la zona

que eclosionaron entre los meses de junio a julio (SEBER, 1973; CUPUL-MAGAÑA *et al.*, 2004). Cada expedición nocturna tuvo una duración de 4 h efectivas de búsqueda y captura, y sólo una persona realizaba la captura de los ejemplares. Para el reconocimiento individual de los animales utilizamos el marcaje por amputación de las escamas caudales en una secuencia establecida. Para cada individuo capturado medimos su longitud total ventral (TL, ± 0.1 cm) con un flexómetro y su peso (± 5 g) con un dinamómetro (WEBB & MESSEL, 1978). En total se marcaron 91 crías de cocodrilos y no fue posible diferenciarlas por sexo.

Se adaptó la ecuación de intervalo-crecimiento de von Bertalanffy para el análisis de datos de crecimiento en talla de crías de cocodrilo durante su primer año de vida. Se calcularon los parámetros del modelo mediante el empleo de 111 registros de TL obtenidos a lo largo del período de estudio. La ecuación de von Bertalanffy se basa únicamente en los datos de marca-recaptura y no requiere del conocimiento de la edad individual (FRAZER *et al.*, 1990), enunciándose como (VON BERTALANFFY, 1998; MEREDIZ-ALONSO, 1999):

$$t = \tau \ln \frac{[A_{TL} - TL_0]}{[A_{TL} - TL_t]},$$

donde t es la edad de los cocodrilos en días, τ es una constante de tiempo, A_{TL} es la longitud total asintótica (longitud total máxima teórica que un organismo puede alcanzar), TL_0 es la longitud total inicial (la longitud total promedio de un cocodrilo recién nacido en nuestro estudio fue de 26.32 cm), y TL_t es la longitud total en el tiempo t (MEREDIZ-ALONSO, 1999; CUPUL-MAGAÑA, 2002).

La relación entre peso y talla se generó a partir de la ecuación:

$$W = a(TL)^b,$$

donde W es el peso asignable a los ejemplares de talla TL , TL es la talla individual, y los parámetros a y b son estimados a partir del modelo de regresión lineal simple entre ambas variables (PEREIRO, 1982). Los datos a incluir dentro del cálculo de la ecuación deben proceder de ejemplares aparentemente normales a los que no les falte ninguna parte del cuerpo, ya que si al cocodrilo le faltase una pata, un dedo o parte de la cola, esto afectaría directamente a su peso (WILKINSON *et al.*, 1997; CUPUL-MAGAÑA, 2003). Para el análisis se emplearon 124 registros obtenidos a lo largo del período de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo y la curva generada a partir de la ecuación de von Bertalanffy se muestran en la Fig. 2. La longitud total asintótica (A_{TL}) fue de 71.02 cm, que de acuerdo con el modelo representa la talla máxima teórica alcanzada por las crías durante su primer año de vida. Para contar con una idea sobre el ajuste del modelo, se obtuvo un registro en el campo de 69.70 cm para un individuo de 13 meses de edad. No contamos con más datos observados para edades cercanas al año, ya que durante los últimos meses de muestreo fue práctica-

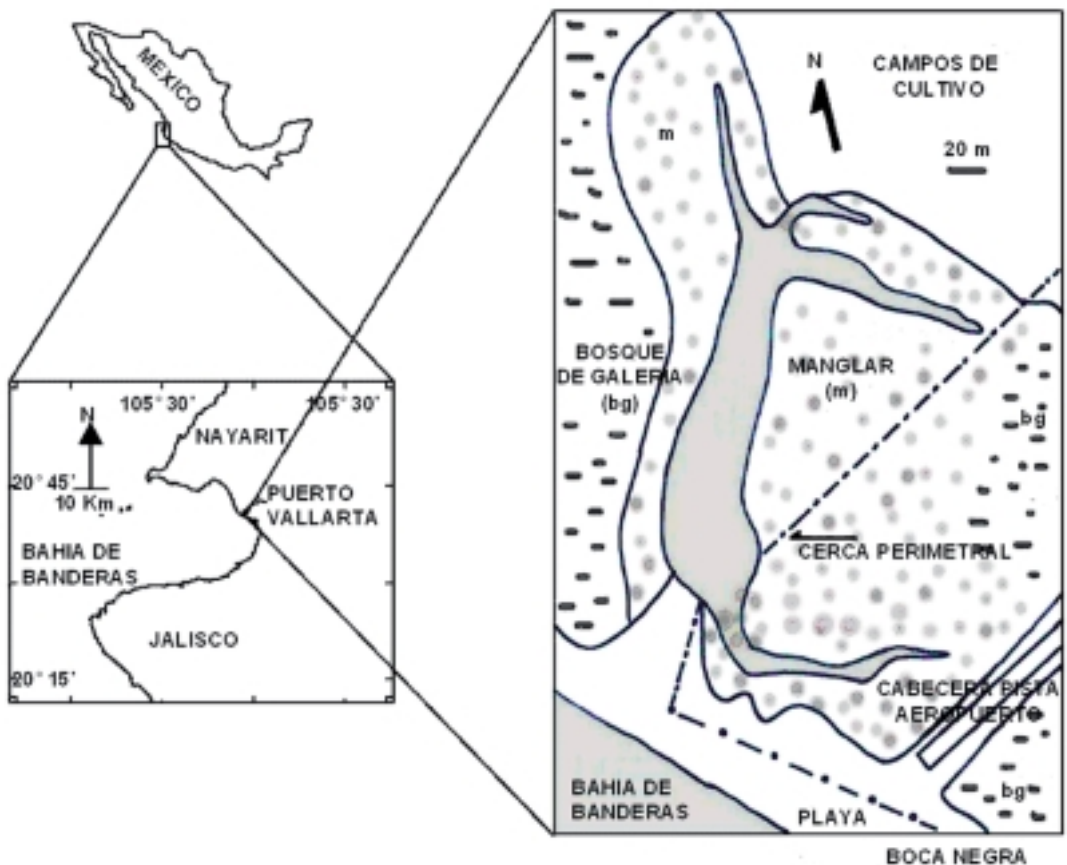


FIGURA 1. Área de estudio.

FIGURE 1. Study area.

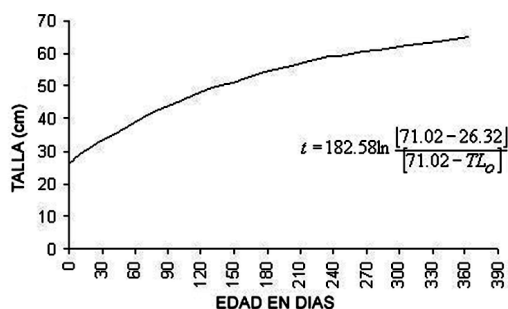


FIGURA 2. Modelo de crecimiento en longitud total (TL) para el cocodrilo americano.

FIGURE 2. Length growth (TL) model for the American crocodile.

mente imposible recapturar un número mayor de crías.

La talla promedio inicial al nacer fue de 26.32 cm, que representa el 37.05% de la longitud total asintótica estimada (A_{TL}). En otras palabras, la cría al nacer posee un poco más de un tercio del tamaño final que alcanzará al año de edad. Esto sugiere un desarrollo temprano de la actividad motriz y defensiva, y una independencia temprana de los padres, aspectos ampliamente documentado en los cocodrilos (CIFUENTES & CUPUL, 2004). De hecho, el análisis de la curva de la Fig. 2 muestra un rápido crecimiento durante los primeros días de edad, que fue estimado para la camada del 2003 en 0.185 cm TL/día para los primeros 106 días de edad, uno de los registros más altos para la especie (CUPUL-MAGAÑA *et al.*, 2004). Asimismo, la diferencia entre los valores de A_{TL} y TL_0 , dividida entre los 365 días de un año, proporciona una aproximación al crecimiento en talla general para el primer año de vida de 0.122 cm/día, ubicado dentro de los valores promedio para la especie de 0.1-0.2 cm /día (THORBJARNARSON, 1989).

Se ha demostrado que la temperatura a la cual los huevos son incubados repercute directamente sobre la tasa de crecimiento de

los cocodrilos. Se ha observado que hembras procedentes de huevos que fueron incubados a temperaturas templadas crecen más rápido, maduran más temprano y producen una mayor proporción de huevos fértiles que aquellas que se incubaron a temperaturas más frías (LANG, 1998). Por tanto, podría suponerse que el rápido crecimiento en talla y peso de las crías de cocodrilo es el resultado de condiciones adecuadas de incubación. En apoyo de esta hipótesis, el éxito de eclosión promedio de los nidos de los cuales provienen las crías estudiadas fue del $88.27 \pm 13.06\%$ (CUPUL-MAGAÑA *et al.*, 2004). Por tanto, el rápido crecimiento y el éxito de eclosión asociado pueden llegar a maximizar el éxito reproductivo de *C. acutus* en la zona.

En la Fig. 3 se observa la relación entre el peso y la talla. El peso o masa se incrementa de forma regular. De acuerdo con el modelo, el peso al nacer es de alrededor de 50 g y de aproximadamente 700 g al cumplir un año; este último valor es superior a los 400 g registrados para ejemplares en cautividad de *C. porosus* de la misma edad (BOLTON, 1994). Los valores estimados representan una ganancia de 650 g durante el primer año, resultado probablemente de la disponibilidad

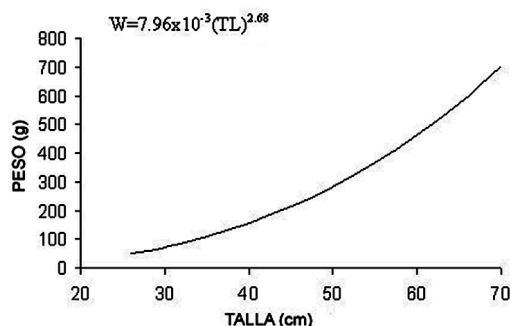


FIGURA 3. Modelo de crecimiento peso-talla para el cocodrilo americano.

FIGURE 3. Weight-length growth model for the American crocodile.

de alimento y densidad poblacional presente, factores asociados a la tasa metabólica (BURNES *et al.*, 2001). No obstante, dicha variación puede también ser atribuida a la adaptación de la especie a las condiciones locales (RICHMAN & PRICE, 1992).

En el campo se obtuvieron registros de peso al nacer que oscilaron entre 55 y 60 g. Sólo se contó con un dato de 860 g para un ejemplar de 13 meses de edad. Como se mencionó, se ha observado que la ganancia en peso es un reflejo, principalmente, de la disponibilidad de alimento, así como de las condiciones de salinidad y de temperatura (MAZZOTTI, 1999). Sin embargo, es importante mencionar que, además de las condiciones ambientales, la filogenia y la selección natural y sexual afectan al tamaño corporal; de hecho, diversos estudios comparativos sobre las variaciones interespecíficas de historias de vida han demostrado que la filogenia explica gran parte de la variación del crecimiento entre especies (DUNHAM & MILES, 1985; HARVEY & PAGEL, 1991).

El modelo de von Bertalanffy aplicado en nuestro estudio ya había sido usado por CUPUL-MAGAÑA (2002) para predecir el crecimiento de ejemplares en cautividad de *C. acutus*. De acuerdo con dicha investigación, un individuo de aproximadamente un año teóricamente alcanzaría una talla cercana a los 48 cm, un registro por debajo de los 71 cm obtenidos en nuestra investigación. La diferencia en estimaciones encontrada para ambos estudios puede ser el resultado de la mezcla de tallas de ejemplares juveniles, subadultos y adultos que utilizó CUPUL-MAGAÑA (2002) para construir su modelo. La subestimación del crecimiento para ejemplares de corta edad pudo ser generada por un efecto de la tasa de crecimiento de los subadultos y adultos que, como es sabido, es mucho menor comparada con la de los

neonatos o juveniles (ANDREWS, 1982). Por tal situación, siempre será adecuado estimar los modelos por clases separadas de tamaño (MEREDIZ-ALONSO, 1999).

Por otro lado, también existe la posibilidad de que el crecimiento experimentado por los ejemplares en cautividad sea menor al estimado en libertad y, por tanto, el modelo generado por CUPUL-MAGAÑA (2002) sea sólo válido para ese grupo en particular de cocodrilos cautivos. De hecho, CUPUL-MAGAÑA *et al.* (2002) observaron que una camada de cocodrilos neonatos de *C. acutus* de ésta misma región experimentó en libertad una tasa promedio de crecimiento en talla y peso mayor que la registrada durante el lapso que permaneció confinada en cautividad. CUPUL-MAGAÑA *et al.* (2002), concluyeron que las condiciones inadecuadas de cautividad de los cocodrilos (alimento, terrarios) pudieron repercutir en sus bajos índices de crecimiento. Sin embargo, no se descarta que la subestimación producida por el modelo en la investigación de CUPUL-MAGAÑA *et al.* (2002), con relación a lo obtenido en este trabajo, sea producto en mayor o menor grado de la baja tasa de crecimiento en cautividad y la mezcla de tallas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer profundamente las atinadas observaciones de dos revisores anónimos por sus acertados comentarios que mejoraron sustancialmente el manuscrito.

REFERENCIAS

- ANDREWS, R.M. (1982): Patterns of growth in reptiles. Pp. 273-320, *in*: Gans, C. & Pough, F.H. (eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 13. Academic Press, London.

- BOLTON, M. (1994): *La Explotación del Cocodrilo en Cautividad*. Guía de Conservación 22, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- BURNES, G.P., DAIMOND, J. & FLANNERY, T. (2001): Dinosaurs, dragons, and dwarfs: the evolution of maximal body size. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 98: 14518-14523.
- CAMPBELL, H.W. (1972): Ecological or phylogenetic interpretations of crocodilian nesting habitats. *Nature*, 238: 404-405.
- CASAS-ANDREU, G. & MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.R. (1992): Observaciones sobre la ecología de *Crocodylus acutus* en el Río Cuitzmala, Jalisco, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 43: 71-80.
- CIFUENTES, J.L. & CUPUL, F.G. (2004) *¿Los Terribles Cocodrilos?* Fondo de Cultura Económica, México.
- CUPUL-MAGAÑA, F.G. (2002): Edad del cocodrilo de río, *Crocodylus acutus*, usando el modelo de von Bertalanffy. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 10: 47-50.
- CUPUL-MAGAÑA, F.G. (2003): Relación peso-talla en el cocodrilo de río. *Boletín Nozootros*, 20: 10-12.
- CUPUL-MAGAÑA, F.G., RUBIO-DELGADO, A. & REYES-JUÁREZ, A. (2002): Nota sobre el crecimiento en cautiverio y libertad de crías de *Crocodylus acutus* en Puerto Vallarta, Jalisco. *Ciencia y Mar*, 6: 43-44.
- CUPUL-MAGAÑA, F.G., RUBIO-DELGADO, A., REYES-JUÁREZ, A. & DE-NIZ VILLASEÑOR, A. (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.
- DUNHAM, A.D. & MILES, D.B. (1985): Patterns of covariation in life history traits of squamate reptiles: the effects of size and phylogeny reconsidered. *American Naturalist*, 126: 231-257.
- FRAZER, N.B., GIBBONS, W. & GREENE, J.L. (1990): Exploring Faben's growth interval model with data on a long-lived vertebrate, *Trachemys scripta* (Reptilia: Testudines). *Copeia*, 1990: 112-118.
- HARVEY, P.H. & PAGEL, M.D. (1991): *The Comparative Method in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- LANG, J.W. (1998): Incubation temperature affects growth and reproduction in crocodilians. *Programme and Abstracts of Crocodilian Biology and Evolution Conference, University of Queensland, Australia*, 41.
- MAZZOTTI, F.J. (1999): The American crocodile in Florida bay. *Estuarios*, 22: 552-561.
- MEREDIZ-ALONSO, G. (1999): *Ecology, Sustainable Use by Local People, and Conservation of Morelet's Crocodile (Crocodylus moreletii) in Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, México*. M.S. Thesis, State University of New York, Syracuse, New York, USA.
- PEREIRO, J.A. (1982): *Modelos al Uso en Dinámica de Poblaciones Marinas Sometidas a Explotación*. Informe Técnico del Instituto Español de Oceanografía, No. 1.
- RICHMAN, A.D. & PRICE, T. (1992): Evolution of ecological differences in the old world leaf warblers. *Nature*, 355: 817-821.
- SEBER, G.A.F. (1973): *The estimation of animal abundance*. Hafner Press, New York.
- SMITH, H.M. & SMITH, R.B. (1977): *Synopsis of the Herpetofauna of Mexico, Vol. V: Guide to Mexican Amphisbaenians and Crocodilians, Bibliographic Addendum II*. John Johnson, North Bennington, Vermont.

- STEARNS, S.C. (1992): *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, New York.
- THORBJARNARSON, J.B. (1989): Ecology of the American crocodile, *Crocodylus acutus*. Pp. 228-259, in: Hall, P. & Bryant, R. (eds.), *Crocodiles: Their Ecology, Management, and Conservation*. IUCN, Gland, Switzerland.
- TINKLE, D.W., DUNHAM, A.E. & CONGDON, J.D. (1993): Life history and demographic variation in the lizard *Sceloporus graciosus*: a long-term study. *Ecology*, 74: 2413-2429.
- VON BERTALANFFY, L. (1998): *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- WEBB, G.J.W. & MESSEL, H. (1978): Morphometric analysis of *Crocodylus porosus* from the north coast of Arnhem Land, Northern Australia. *Australian Journal of Zoology*, 26: 1-27.
- WILKINSON, P., ABERCROMBIE, A. & HOPE, C. (1997): Length-mass relationships in crocodilians. *Memorias de la 4a Reunión Regional del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco, México*, 248-253.

ms # 194 Recibido: 20/09/04 Aceptado: 26/01/05
--

PONSSA, M.L.: Utilización espacial y temporal de una comunidad de anuros de Kent's Marsh (Gamboa, Panamá)	5
RODRIGUES, D.J., UETANABARO, M. & PRADO, C.P.A.: Seasonal and ontogenetic variation in diet composition of <i>Leptodactylus podicipinus</i> (Anura, Leptodactylidae) in the southern Pantanal, Brazil	19
KALBOUSSI, M. & NOUIRA, S.: Comparative diet of northern and southern Tunisian populations of <i>Chalcides ocellatus</i> (Forsk., 1775)	29
FLORES, T., PUERTO, M.A., BARBOSA, A.M., REAL, R. & GOSÁLVEZ, R.U.: Agrupación en corotipos de los anfibios de la provincia de Ciudad Real (España)	41
CUPUL-MAGAÑA, F.G., RUBIO-DELGADO, A. & REYES-JUÁREZ, A.: Crecimiento en talla y peso del cocodrilo americano (<i>Crocodylus acutus</i>) durante su primer año de vida	55
RODRIGUES, D.J., UETANABARO, M. & LOPES, F.S.: Reproductive strategies of <i>Physalaemus nattereri</i> (Steindachner, 1863) and <i>P. albonotatus</i> (Steindachner, 1864) at Serra da Bodoquena, State of Mato Grosso do Sul, Brazil	63
MENDOZA-QUIJANO, F. & GOYENECHEA, I.: The karyotype of <i>Sceloporus macdougallii</i> (Squamata: Phrynosomatidae)	75
SANDOVAL, M.T.: Microanatomía oral y bucal de las larvas de tres especies de <i>Leptodactylus</i> (Anura, Leptodactylidae)	79
PADIAL, J.M. & DE LA RIVA, I.: Annotated checklist of the amphibians of Mauritania (West Africa)	89
LÖTTERS, S., SCHULTE, R. & DUELLMAN, W.E.: A new and critically endangered species of <i>Atelopus</i> from the Andes of northern Peru (Anura: Bufonidae)	101
Recensiones bibliográficas	111
Normas de publicación de la <i>Revista Española de Herpetología</i>	115
Instructions to authors for publication in the <i>Revista Española de Herpetología</i> ..	118