



## Tiempo de deglución en crías de *Crotalus aquilus* (Klauber, 1952) en condiciones de cautiverio

DAVID LAZCANO\*, SIOMARA M. ACOSTA GARCÍA\*, ROBERTO MERCADO HERNÁNDEZ\*\*,  
JERÓNIMO A. CHÁVEZ CISNEROS\*, SALVADOR NARVÁEZ TORRES\*

La morfología y movimiento craneal son adaptaciones importantes que establecen evolutivamente el tipo, tamaño, forma y peso de la presa que una serpiente consume. Se esperaría que la forma de estas presas fuese elongada o vermiforme, pero este grupo de vertebrados ha evolucionado y desarrollado gran diversidad de mecanismos de captura de presas, lo cual permitió modificar la forma original de las presas que consumían las primeras serpientes.

En la actualidad, en los grupos de serpientes hay una tendencia a consumir presas con altas tasas en peso e ingestión. En el caso especial de los géneros de la familia *Crotalidae*, éstos están armados con un conjunto de elementos anatómicos (dientes, glándulas, fosetas termosensibles) que les permiten localizar, inyectar, envenenar e inmovilizar a sus presas, o como un mecanismo de defensa ante sus depredadores. La combinación de movimientos independientes en ambos lados de la mandíbula inferior, y una unión intramandibular, permite que cada mandíbula sea flexible en su porción media, y la desarticulación del cuadrado propicia que las mandíbulas se muevan hacia los lados, y a su vez que la boca se abra ampliamente para tragar o ingerir presas grandes y más anchas que la cabeza de la serpiente, este proceso recibe

el nombre de “Unilateral Feeding” o “alimentación unilateral”.<sup>1-5</sup>

Al ingerir la presa también poseen una piel muy flexible y músculos que permiten que se desplace con facilidad al estómago. Este comportamiento y el mecanismo han sido ampliamente estudiados. El tiempo de deglución es un factor importante en la sobrevivencia de la serpiente, ya que durante la ingestión de su alimento se ven expuestas y vulnerables a sus depredadores; por lo que el tipo, tamaño, forma y peso de las presas son esenciales no solamente para obtener y acumular energía para el cazador, también para su tiempo de consumo, que se relaciona íntimamente con su tasa de sobrevivencia.<sup>6</sup>

Desde 2004 a la fecha, una colonia de cascabels de montaña está en cautiverio en el Centro de Propagación de Especies Ponzonosas de la FCB/UANL. Especies como *Crotalus aquilus*, *Crotalus lepidus*, *Crotalus triseriatus* y *Crotalus willardi* forman parte de esta colonia. En ésta se mantiene un grupo de individuos de *Crotalus aquilus* (*Queretaran Dusty Rattlesnake* o Cascabel oscura de Querétaro, figura 1).

\*Departamento de Zoología de Vertebrados, Laboratorio de Herpetología, UANL.

\*\* Departamento de Zoología de Invertebrados, Laboratorio de Entomología Médica, UANL.



Fig. 1. Ejemplar de *Crotalus aquilus* en campo.

Esta especie se distribuye a través del altiplano mexicano, desde el noroeste de Veracruz, sur de San Luis Potosí, al oeste, y a través del norte de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, y el noreste de Michoacán, así como en la región de Chapala, Jalisco, y ocurre en un gradiente altitudinal de 1,600 a 3110 msnm (figura 2). Exhibe una variabilidad importante en su patrón de coloración, debido al incremento de sus intrapoblaciones e interpoblaciones a través de su rango de distribución, esta serpiente puede alcanzar un tamaño máximo, en adultos, de 67.5 cm.<sup>7-10</sup> Los estudios de su biología o etología, al igual que muchas cascabeles de áreas montañosas, están citadas en pocas obras científicas.<sup>11,12</sup> Por lo tanto, la determinación del tiempo de deglución de una presa es un parámetro importante a medir, cuando se considera que el tiempo de exposición a los depredadores está íntimamente relacionado con la sobrevivencia: un depredador se puede convertir en presa, si la relación presa-depredador se desequilibra.



Fig. 2. Hábitat de *Crotalus aquilus*, en Hidalgo.

## Método

El laboratorio cuenta con un total de 32 individuos de la especie, se seleccionaron para este experimento 7:5 (machos-hembras). Estos individuos (crías) provienen de una población de la localidad “La Estanzuela”, Mineral del Chico, Hidalgo. Éstos fueron alojados en cajas de plástico de 34x21x9cm, con orificios que permiten una mejor circulación de aire. Como sustrato se utilizó periódico, se colocó un recipiente con agua.

El experimento se realizó de junio a octubre de 2007, los meses de mayor actividad alimenticia, y las sesiones se realizaron los viernes de cada semana a las 2:00 p.m. Al inicio y fin del experimento se midieron los siguientes parámetros de las serpientes: peso, longitud corporal y ancho del cráneo, para determinar si hubo un cambio significativo durante el desarrollo del experimento. La temperatura corporal (serpientes) y la ambiental se tomaron al inicio de cada sesión de alimentación con una Raytek-ST20 Pro. Los ejemplares se alimentaron con crías de ratón *Mus musculus*, a las cuales se le tomaron medidas: peso, longitud corporal, y ancho de cráneo.

El experimento siempre se realizó en un área aislada del laboratorio, donde el único contacto fue alimentador-serpiente para minimizar la perturbación. El tiempo de deglución se tomó con un cronómetro GIMEXSA-S-940, el cual se activaba cuando la serpiente iniciaba a deglutir la presa, y se desactivaba cuando la presa ya había sido tragada o ingerida. Como indicador de la finalización de la ingesta se consideró la última vez que la serpiente abría y cerraba las mandíbulas después de completar la deglución. Los pesos de las serpientes y ratones fueron tomados con una balanza AD EK-410i. Se determinaron las estadísticas descriptivas (mínimo, máximo, media y desviación estándar) de los resultados obtenidos de las medidas de los doce ejemplares de *C. aquilus*, así como la media y el error estándar de de las variables medidas en la deglución: el tiempo y las caracte-

rísticas de los ratones que sirvieron como alimento: peso, longitud y ancho del cráneo.

## Resultados

Hubo una duración promedio de 127.4 min (Mín= 86 Min Máx= 210 min) por sesión de alimentación o forrajeo con una temperatura ambiental promedio= 23.8°C (Mín= 21°C Máx= 26°C) y una temperatura corporal promedio de 24.5°C (Mín= 20°C Máx= 26°C). Los tiempos de deglución fueron de  $2.06 \pm 0.13$  hasta  $3.59 \pm 0.37$  para los ejemplares 2 y 11, respectivamente. Los valores generados iniciales y finales (mínimos, máximos y media) del peso (gr), longitud corporal (cm) y anchura del cráneo (cm) de las doce serpientes involucradas en el experimento se muestran en la tabla I.

Tabla I. Estadísticas descriptivas de *C. aquilus*

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación std.
Peso inicial	12	10.77	24.70	16.29	4.10
Peso final	12	23.69	57.25	32.98	9.29
Longitud inicial	12	23.40	32.00	26.75	2.64
Longitud final	12	26.50	38.30	30.30	3.28
Anchura de cráneo inicial	12	8.00	12.00	9.50	1.17
Anchura de cráneo final	12	11.00	15.00	12.58	1.08

Se determinaron las estadísticas descriptivas (media más/menos el error estándar del tiempo de deglución (Tiempo), peso (Peso), longitud corporal (Longitud), y anchura del cráneo del ratón (Anchura) durante las 17 semanas de duración del experimento se muestran en la tabla II.

Se observa en dicha tabla que los ejemplares 9 y 11 requieren de mayor tiempo promedio de deglución; sin embargo, el peso y la longitud promedio de los ratones no fueron las mayores. Mientras que el ancho promedio del cráneo estuvo entre los mayores valores, esto puede indicar que esta variable determina el tiempo de deglución. Para los ejemplares 2 y 5, que presentaron el menor tiempo de deglución, los valores promedio de las características de los ratones consumidos se encontraron entre los valores medios. Por esto no se encontró una relación significativa entre el tiempo y las medidas de los ratones en estos ejemplares.

Tabla II. Estadísticas descriptivas (media  $\pm$  error estándar) de las características de los ratones como alimento de *C. aquilus*.

Ejem.	Tiempo	Peso	Longitud	Anchura
1	$2.39 \pm 0.20$	$1.75 \pm 0.04$	$2.57 \pm 0.03$	$7.24 \pm 0.56$
2	$2.06 \pm 0.13$	$1.75 \pm 0.05$	$2.58 \pm 0.03$	$7.29 \pm 0.47$
3	$2.88 \pm 0.15$	$1.69 \pm 0.05$	$2.54 \pm 0.04$	$7.24 \pm 0.56$
4	$3.38 \pm 0.29$	$1.64 \pm 0.05$	$2.47 \pm 0.04$	$7.00 \pm 0.71$
5	$2.17 \pm 0.12$	$1.79 \pm 0.06$	$2.58 \pm 0.04$	$7.29 \pm 0.92$
6	$2.73 \pm 0.18$	$1.73 \pm 0.05$	$2.52 \pm 0.04$	$7.18 \pm 0.73$
7	$2.53 \pm 0.22$	$1.70 \pm 0.05$	$2.56 \pm 0.04$	$7.24 \pm 0.66$
8	$2.79 \pm 0.22$	$1.69 \pm 0.06$	$2.56 \pm 0.04$	$7.18 \pm 0.73$
9	$3.52 \pm 0.20$	$2.02 \pm 0.07$	$2.58 \pm 0.04$	$7.76 \pm 0.83$
10	$2.70 \pm 0.27$	$2.28 \pm 0.09$	$2.76 \pm 0.04$	$8.12 \pm 0.70$
11	$3.59 \pm 0.37$	$1.85 \pm 0.09$	$2.53 \pm 0.07$	$7.50 \pm 0.89$
12	$3.03 \pm 0.28$	$2.11 \pm 0.10$	$2.68 \pm 0.05$	$7.75 \pm 0.45$

En las siguientes figuras se puede observar la variación del tiempo de deglución con la variación de cada una de las características de los ratones. Las barras representan las medias, y las líneas sobre éstas son los errores estándar en cada caso.

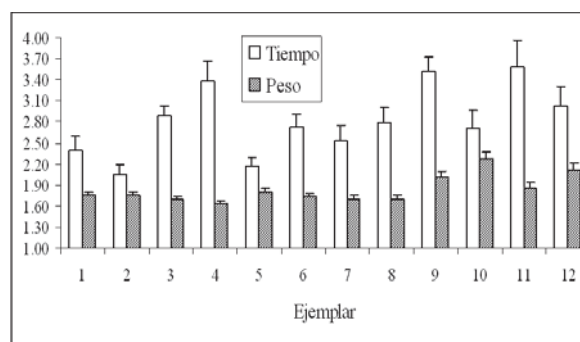


Fig. 3. Relación entre el tiempo de deglución y el peso del ratón, en cada ejemplar de *C. aquilus*, durante las 17 semanas del estudio.

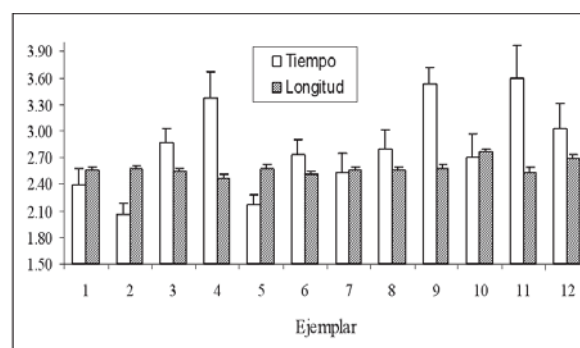


Fig. 4. Relación entre el tiempo de deglución y el tamaño (Longitud) del ratón, en cada ejemplar de *C. aquilus*, durante las 17 semanas del estudio

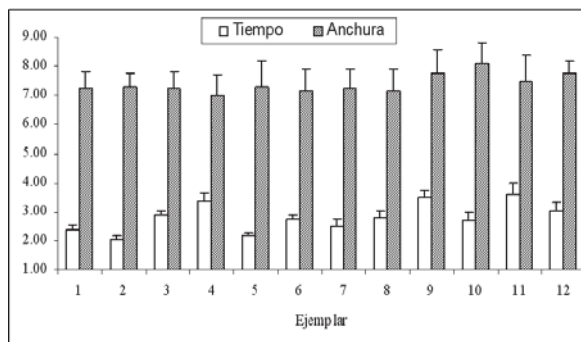


Fig. 5. Relación entre el tiempo de deglución y el ancho del cráneo (Anchura) del ratón, en cada ejemplar de *C. aquilus*, durante las 17 semanas del estudio.

No se encontró relación significativa entre el tiempo de deglución en cada una de las variables medidas de los ratones que sirvieron como alimento a los doce ejemplares de *C. aquilus*. Sin embargo, se observa en la figura 3 que los ejemplares 9 y 11 tuvieron tiempos de deglución ligeramente más prolongados, aunque los pesos de los ratones eran muy similares. Este mismo comportamiento lo presentaron para tiempo de deglución con longitud corporal y anchura de cráneo del ratón (figuras 4 y 5).

## Discusión

La bibliografía acerca de esta especie es muy diversa y menciona aspectos como: distribución, hábitat, alimentación, comportamiento, taxonomía y patrón de coloración, pero con respecto a lo que aquí se experimentó no se encontró información que permitiera relacionar los resultados de tiempo de deglución aquí obtenidos con otras especies de la familia. Sin embargo, los tiempos de deglución de las crías de la especie más pequeña (*Crotalus pricei*) como la más grande (*Crotalus atrox*) deben presentar tiempos diferentes a esta especie, debido a las merísticas que esta especie presenta y la dieta individual que cada especie posee.

Durante el experimento se obtuvo un tiempo de alimentación o forrajeo promedio de las 17 alimentaciones de 127.4 min (Mín=86min., Máx=210 min) por sesión.

Aunque no se hizo ningún análisis que relacionara la temperatura y los tiempos de deglución, sí se observó que cuando las temperaturas eran menores a 23.8°C los tiempos de deglución disminuyen.

Podemos mencionar lo siguiente con respecto a la temperatura: las actividades como la termorregulación, locomoción y digestión enzimática en serpientes que son ectotérmicas se ven afectadas por la temperatura ambiental. Por ser una especie que habita entre 1,600 a 3,110 m. expuesta a periodos de temperaturas más frías durante el año, este grupo de víboras de cascabel de montaña están adaptadas a las bajas temperaturas, pero aun así estas actividades tienen un límite de tolerancia, se ha documentado que la digestión enzimática sufre una dramática disminución después de los valores de 15°C.<sup>13-16</sup>

Por otro lado, se ha documentado que el envenenamiento de las presas no influye significativamente en los procesos de digestión enzimática, asimilación de nutrientes o paso de alimento a través del tracto digestivo.<sup>17</sup> Otros autores sí están de acuerdo en que existe una modificación en los tiempos de digestión.<sup>18</sup> Pero en los que sí se generaliza es que cuando la temperatura ambiental está debajo de los 13°C, las serpientes tienden a regurgitar su alimento, debido a que la digestión enzimática casi ha cesado, y en caso de no expulsar a su presa ocasionaría que se incrementara la putrefacción causada por las bacterias del cuerpo de la serpiente y la presa, lo que se vería traducido en la muerte de la primera.

Asimismo, los factores que sí se analizaron fueron: peso, longitud corporal y anchura del cráneo del ratón con tiempo de deglución para cada serpiente (tabla II). Aquí no se encontró relación significativa entre el tiempo de deglución y cada una de las variables medidas de los ratones que sirvieron como alimento. Esto lo podemos explicar de la siguiente manera: los ejemplares al deglutir la presa en ocasiones hacen pequeñas pausas de tiempo donde observamos que ajustaban sus mandí-



bulas para seguir tragando, esto retrasaba ligeramente algunos segundos los tiempos de deglución.

Inicialmente se esperaba que las variables longitud y ancho de cráneo de los ratones tuvieran una influencia significativa en los tiempos de deglución, esto no fue así, porque las merísticas de los ratones que sirvieron de alimento se mantuvieron muy similares durante todo el experimento, aunque las anchuras inicial y final de los cráneos (tabla I) de las doce serpientes aumentaron ligeramente. La bibliografía menciona que presas grandes tienden a dar altas tasas de peso e ingesta, entendiéndose como tasa de peso: la masa de la presa entre la masa del depredador, y la tasa de ingesta como el diámetro de la presa entre el diámetro de la cabeza del depredador.

Por esto las serpientes tienen una tendencia a consumir presas con altas tasas de peso e ingesta; asimismo, esta dirección evolutiva permitió que las serpientes se volvieran constrictoras<sup>19,26</sup> o modificarán su dentición a un sistema de inyección (solenoglíficos) de veneno,<sup>27-29</sup> proporcionando a este grupo un método eficiente de inmovilización. Conjuntamente con lo anterior, y la adaptación en la desarticulación de las mandíbulas inferiores para iniciar el proceso de alimentación unilateral, son atribuciones que, podemos decir, son responsables que las merísticas de las presas sean factores importantes en los tiempos de deglución.<sup>30</sup>

## Conclusiones

Conforme el experimento fue avanzando, hubo incrementos en los promedios iniciales-finales de hasta 100% en peso, 15% en longitud corporal y 31.5 % en anchura de cráneo de las serpientes. Los tiempos de deglución fluctuaron entre  $2.06 \pm 0.13$  hasta  $3.59 \pm 0.37$  3 min.

Las presas se mantuvieron con merísticas similares durante todo el experimento, por lo tanto, el tiempo de deglución promedio no tuvo relación significativa entre el peso, longitud corporal y anchura de cráneo de la cría de ratón.

## Resumen

El tiempo de deglución durante la alimentación o forrajeo es un parámetro crucial a medir cuando hay depredadores cerca. Un experimento de 17 semanas se llevó a cabo con *Crotalus aquilus* para determinar este parámetro y su relación con el peso corporal, longitud del cuerpo y longitud craneal de la presa. Las medidas promedio de la serpientes al inicio y final de experimento fueron: peso 16.29-32.98 g, longitud de cuerpo 26.75-30.30 cm (SVL) y anchura de cráneo 9.50-12.58 mm. El tiempo de deglución promedio fue desde  $2.06 \pm 0.13$  hasta  $3.59 \pm 0.37$  min. Al analizar los datos del peso, longitud corporal y anchura de cráneo del ratón No se encontró relación significativa entre el tiempo de deglución y cada una de estas variables.

**Palabras clave:** *Crotalus aquilus*, Alimentación, Tiempo de deglución.

## Abstract

Swallowing time during foraging is a crucial parameter to measure when predators are around. A 17 week experiment was conducted with *Crotalus aquilus* to determine this parameter and its relationship with the weight, body, and cranial length of a food item (pinky). Initial and final average snake measurements were: weight 16.29-32.98g., body length 26.75-30.30 cm. (SVL), and cranial width 9.50-12.58 mm. Swallowing time average was from  $2.06 \pm 0.13$  to  $3.59 \pm 0.37$  min. Data analysis demonstrated that weight, body length, and cranial width of the offering food item (pinky) had no significant relationship with the swallowing time.

**Keywords:** *Crotalus aquilus*, Feeding, Swallowing time.

## Referencias

1. De Cock Buning, T.D. (1983). Thermal sensitivity as a specialization for prey capture and feeding in snakes. *American Zoologist*. 23:363-375.
2. Pough, F.H., J.D.Groves. (1983). Specializations of the Body Form and Food Habits of Snakes. *American Zoologist* 23(2):443-454
3. Molenaar, G.J. (1992). Anatomy and physiology of infrared sensitivity of snakes. Pages 367-453 in *Biology of the Reptilia*, Vol.17 (Neurology C, Sensorimotor Integration), edited by C, Gans and P.S. Ulinski. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
4. Amemiya, F., M. Nakano, R. C. Goris, T. Kadota, Y. Atobe, K. Funakoshi, K. Hibiya, R. Kishida. (1999). Microvasculature of crotaline snake pit organs: Possible function as a heat exchange mechanism. *Anatomical Record* 254:107-115.
5. Pough F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, A.H. Savitzky, K.D. Wells. (2004). *Herpetology Third Edition*. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, N.J. 726 pp.
6. Pough, F.H.(1983). Amphibians and reptiles as low-energy systems. In *Behavioral Energetics: The Cost of Survival in Vertebrates* (ed. W.P. Aspey and S.I.Lustick), pp 141-188. Columbus Ohio State University Press.
7. Armstrong, B.L., J.B. Murphy (1979). The natural history of Mexican rattlesnakes. Special Publication of the Museum of Natural History, University of Kansas, No. 588 pp.
8. Campbell, J.A., E.D. Brodie, J. (eds). (1992). *Biology of the Pitvipers*. The University of Texas at Arlington. Selva, Tyler, Texas. 467 pp.
9. Klauber, L.M. (1997). *Rattlesnakes: their habits, life histories, and influences on mankind*, 2d ed., 2 vols. Reprint, University of California Press, Berkeley.1580 pp.
10. Campbell, J. A., W. W. Lamar. (2004). *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*, 2d ed., 2 vols. 475 pp.
11. Schuett, G.W., M. Höggren, M.E. Douglas, H.W. Greene. (2002). *Biology of the Pitvipers*. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain Utah. 580 pp.
12. Lazcano, D., F. Mendoza Quijano, A. Kardon, C. García de la Peña, G. Castañeda. (2007) *Crotalus aquilus* (Queretaran Dusky Rattlesnake). Mortality. *Herpetological Review*. 38(2):204 -205.
13. Skoczylas, R. (1970) Influence of temperature on gastric digestion in the grass snake, *Natrix natrix* L. *Comp. Biochem. Physiol.*33: 793-803.
14. Thomas, R.G., F.H. Pough. (1979). The effect of rattlesnake venom on digestion of prey. *Toxicon* 17:221-228.
15. Dandrifosse, G. (1974). Digestion in reptiles. In *Amphibia and Reptilia*, vol. 9 ( ed. M. Florkin and B. Sheer), pp.249-276. Academic Press. New York, New York.
16. Beck, D.D. (1996) Effects of feeding on body temperatures of rattlesnakes a field experiment. *Physiol. Zool.* 69, 1442-1455.
17. McCue, D.M. (2007). Prey envenomation does not improve digestive performance in western diamondback rattlesnakes (*Crotalus atrox*). *Journal of Experimental Zoology*. Vol. 307A: 568-577.
18. Thomas, R.G., Pough, F.H. (1979). The effect of rattlesnake venom on digestion of prey. *Toxicon*. 17(3):221-228.
19. Tattersall, G.J., W.K. Milson, A.S. Abe, S.P. Brito, D.V. Andrade. (2004). The thermogenesis of digestion in rattlesnakes. *The Journal of Experimental Biology* 207: 579-585.
20. Gans, C. (1961). The feeding mechanism of snakes and its possible evolution. *American Zoologist* 1:217-227.
21. Savitzky, A.H. (1981). Hinged teeth in snakes:

- An Adaptation for swallowing hard-bodied prey. *Sciences* 212:346-349.
22. Cundall, D. (1983). Activity of head muscles during feeding by snakes: A comparative study. *American Zoologist* 23: 425-435.
  23. Savitzky, A.H. (1983). Coadapted character complexes among snakes: fossoriality, piscivory, and durophagy. *American Zoologist* 23:397-409.
  24. Pough, F.H., J.D. Groves. (1983). Specializations of the body form and food habitats of Snakes. *American Zoologist*. 23: 443-454.
  25. Hardy, D.L. (1994). A re-evaluation of suffocation as the cause of death during constriction by snakes. *Herpetologica* 32:45-47.
  26. Cundall, D., H.W. Greene. (2000). Feeding in snakes. Pages 293-333 in *Feeding; Form, Function and Evolution in Tetrapod Vertebrates*, edited by K. Schwenk. Academic Press. San Diego, California.
  27. Savitzky, A.H. (1980). The role of venom delivery strategies in snake evolution. *Evolution* 34:1194-1204.
  28. Kardong, K.V. (1982). The Evolution of the Venom Apparatus in Snakes From Colubrids to Viperids & Elapids. *Mem. Inst. Buranian*. 46:105-118.
  29. Cundall, D. (2002). Envenomation strategies, head form, and feeding ecology in vipers. Pages 149-161. in *Biology of the Vipers*, edited by G. W. Schuett, M. Höggren, M.E. Douglas, and H. W. Greene. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, Utah. 580 pp.
  30. Greene, H.W. (1983). Dietary correlates of the origin and radiation of snakes. *American Zoologist* 23:431-441.

*Recibido: 7 de marzo de 2009*

*Aceptado: 18 de mayo de 2009*