

ESFUERZO REPRODUCTOR Y ASPECTOS DEL CUIDADO PARENTAL DE LA LAGARTIJA CAIMÁN *GERRHONOTUS INFERNALIS* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

REPRODUCTIVE EFFORT AND ASPECTS OF PARENTAL CARE OF THE ALLIGATOR LIZARD *GERRHONOTUS INFERNALIS* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

Héctor A. Vargas-Ramírez^{1*}, Diego M. Arenas-Moreno² & David Lazcano^{1,3}

¹Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología de Vertebrados, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

²Laboratorio Integral de Vida Silvestre, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n. Ciudad Universitaria Sur, 39086 Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

³FALTAN DATOS

*Correspondence: alhrmz@outlook.es

Received: 2023-04-11. Accepted: 2023-06-07. Published: 2023-06-28.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen.— La masa relativa de nidada (MRN) es utilizada como una medida del esfuerzo reproductor en lagartijas. Las especies que no presentan cuidado parental son las que tienden a tener una MRN mayor. En este trabajo, estimamos el esfuerzo reproductor de una lagartija ovípara con supuesto cuidado parental, para esto colectamos cuatro hembras grávidas de *Gerrhonotus infernalis* del Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, México. Mantuvimos a los ejemplares en cautividad, hasta que depositaron sus huevos, posteriormente medimos la MRN y el porcentaje de peso perdido. Observamos que las hembras perdieron más del 60% de su peso después de ovopositar y la MRN alcanzó los 0.44 g, un esfuerzo reproductor igual o incluso mayor al de otras lagartijas ovíparas y vivíparas que no presentan cuidado parental. Así mismo, observamos variaciones en cuanto al cuidado parental debido a que dos de las cuatro hembras no exhibieron una respuesta defensiva en el cuidado de sus huevos.

Palabras clave.— Cuidado parental, huevos, nidada, oviparidad, reproducción.

Abstract.— Relative clutch mass (RCM) is used as a measure of reproductive effort in lizards. Species that do not show parental care tend to have higher RCM. In this study, we estimated the reproductive effort of an oviparous lizard with presumed parental care. As such, we collected four gravid females of *Gerrhonotus infernalis* from Parque Ecológico Chipinque, Nuevo León, Mexico. We kept the subjects in captivity until they laid eggs. We then measured RCM and the percentage of weight lost (Pw%). We observed that these females lost more than 60% of their weight after laying their eggs, and the RCM reached 0.44 g, a reproductive effort equal or even higher than that of other oviparous and viviparous lizards with lack of parental care. Likewise, we observed variations in parental care given that two of the four females did not exhibit a defensive response in caring for their eggs.

Key words.— Parental care, eggs, nest, oviparity, reproduction

En lagartijas, la etapa reproductora es influenciada por el clima y la disponibilidad de alimento; ya que estas variables definen la elección de sitios de anidamiento y la inversión de los recursos hacia el cuidado de las crías, lo que también es significativo para el desarrollo y supervivencia de éstas (Halliwell et al., 2016; Medina & Ibarquengoytía, 2010; Olson & Shine, 1997; Shine, 1999). El rol del ambiente se manifiesta en las estrategias reproductivas de las lagartijas; tanto de aquellas especies de

zonas tropicales, como aquellas de zonas frías (Tinkle et al., 1969), entre los que destaca la familia Anguidae, que es conocida por estar conformada por especies ovíparas y vivíparas (Greer, 1967; Greene et al., 2006).

Dentro de esta familia encontramos al género *Gerrhonotus*, precisamente a la lagartija caimán *Gerrhonotus infernalis* (Fig. 1), la cual es un lacértido con cuerpo largo y delgado (longitud

hocico cloaca, LHC: 204 mm), con una cola larga y extremidades cortas. En México se distribuye a través de la Sierra Madre Oriental, desde Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, hasta Guanajuato y Querétaro (Cruz-Elizalde et al., 2022; Lazcano et al., 2019; Lemos-Espinal & Dixon, 2013; Nevárez-de los Reyes et al., 2016; Ramírez-Bautista et al., 2014; Terán-Juárez et al., 2016; Villegas-Ruiz et al., 2014).

La información existente sobre *G. infernalis* cubre aspectos sobre su ecología y su dimorfismo sexual (García-Bastida, 2013; García-Bastida et al., 2013), además del cuidado de sus crías en cautividad (Greene et al., 2006). Recientemente se documentó la capacidad de *G. infernalis* de compartir sitios para anidar con otros individuos de su misma especie; donde además se registró la depredación de las nidadas por la culebra *Salvadora grahamiae* (Felder et al., 2022).

Colectamos cuatro hembras gravídas de *G. infernalis* del Parque Ecológico Chipinque, en San Pedro Garza García, Nuevo León, México (25.60114°N, 100.34433° W; WGS 84, 1,280 m s.n.m.), en las cuales determinamos preñez al observar y palpar la expansión de los costados del cuerpo (García-Bastida, 2013; Greene et al., 2009). Al coleccionar, encontramos a los ejemplares sobre paredes rocosas adyacentes al camino que comprende la vereda Don Toño, donde predomina el bosque de encino, al que

se le atribuye la mayor presencia de ejemplares silvestres (Pérez-González, 2019). La captura se realizó manualmente y mediante lazo para luego trasladarlos al Laboratorio de Herpetología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde fueron pesados los organismos.

A los ejemplares se les asignó una clave (Gih1, Gih2, Gih3 y Gih4) y se aislaron como medida preventiva (Arias-Ortega et al., 2016). Posteriormente se acondicionaron en unidades experimentales de 41.5 x 70.5 x 91 cm en las que, posteriormente, instalamos madrigueras artificiales de 14 x 29 x 25 cm. Se tomaron las medidas de masa inicial (Mi) y longitud hocico cloaca (LHC). Tras ovopositar, pesamos a los organismos nuevamente y pesamos cada puesta de huevos. Calculamos la masa relativa de nidada (MRN) mediante la división del peso total de cada nidada entre el peso post ovoposición de la madre (PPOVP), con lo que definimos el esfuerzo reproductor de cada hembra (Muñoz-Nolasco et al., 2023; Vitt & Price, 1982). El cuidado parental se observó con un boroscópio marca EXTECH modelo BR200, el cual utilizamos diariamente en periodos de observación matutino (10:00 a.m. – 12:00 p.m.) y vespertino (13:00 p.m. – 15:00 p.m.). La lente se introdujo dentro de las madrigueras artificiales en un espacio circular de 19 cm de diámetro donde depositaron sus huevos. Dentro de las madrigueras obtuvimos una temperatura promedio de 23°C y una humedad promedio del 53%.



Figure 1. Gravid female of *Gerrhonotus infernalis* in captivity. See the expansion of the granular scale fold on the sides of the body.

Figura 1. Hembra grávida de *Gerrhonotus infernalis* en cautiverio. Véase la expansión del pliegue de escamas granulares a los costados del cuerpo.

Obtuvimos un total de 56 huevos con un promedio de 14 huevos por nidada, y una pérdida de peso en promedio de 16 g tras ovopositar (Tabla 1), lo que significó un porcentaje de pérdida promedio del 61.3% de su peso, con una masa relativa promedio de nidada de 0.44 g. La ovoposición de los ejemplares ocurrió entre los días 20 y 23 de mayo de 2022. El ejemplar Gih4 obtuvo la mayor MRN (0.58 g); aunque su porcentaje de peso perdido no fue el más alto, lo contrario al ejemplar Gih3, quien obtuvo la menor MRN (0.33g) pero tuvo un porcentaje de pérdida de peso mayor que resto de los ejemplares cautivos.

Los ejemplares presentaron cuidado parental (Figura 2), aunque éste tuvo ciertas variaciones. Las hembras Gih1 y Gih2 enrollaron el cuerpo alrededor de sus huevos y exhibieron una respuesta defensiva en la que abrían la boca e inflaban su cuerpo, además de producir un leve siseo al momento de acercar la lente del boroscópio. Por el contrario, Gih4 no mostró alguna respuesta defensiva (no inflaba su cuerpo ni abría la boca) aunque sí tenía su cuerpo enrollado alrededor de los huevos, y, por otro lado, Gih3 no estuvo cerca de su nidada, ya que exhibió un comportamiento huidizo alejándose de la lente del boroscópio y escondiéndose entre la vegetación.

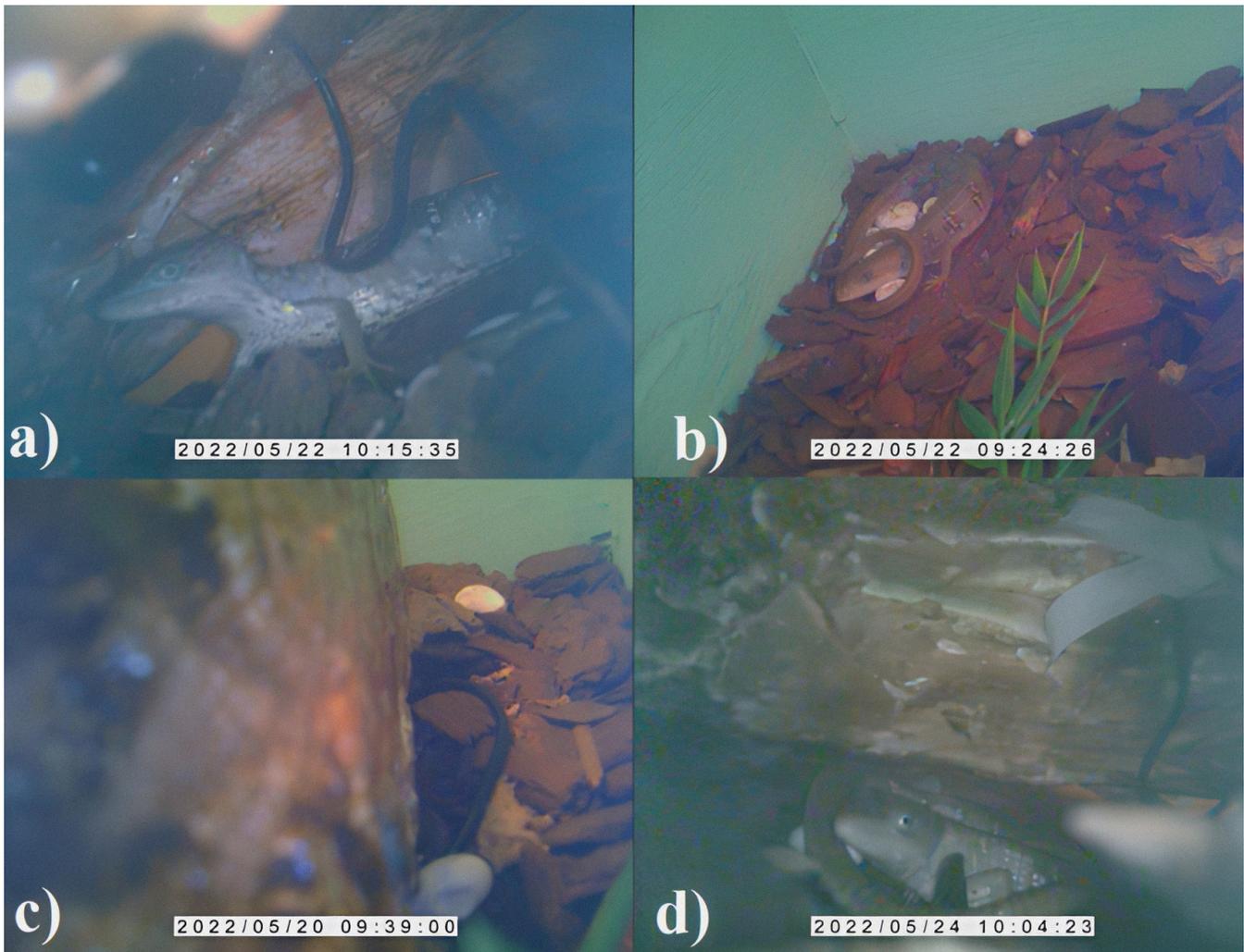


Figure 2. Parental care of the specimens of *Gerrhonotus infernalis*. a) Specimen Gih1 on her nest, b) Specimen Gih2 out of the burrow and coiled around their eggs, c) Scattered eggs of the specimen Gih3 over the substrate and out of the burrow, d) Specimen Gih4 coiled around their eggs.

Figura 2. Cuidado parental de los ejemplares de *Gerrhonotus infernalis*. a) Ejemplar Gih1 sobre su nidada, b) Ejemplar Gih2 fuera de la madriguera y enrollada alrededor de sus huevos, c) Huevos dispersos del ejemplar Gih3 sobre el sustrato y fuera de la madriguera, d) Ejemplar Gih4 enrollada alrededor de sus huevos.

Table 1. Data obtained during the reproductive event. LCH (Snout Vent-Length), Mi (Initial mass before laying), PPOVP (Post oviposition weight), #H (Number of eggs), Ppm (Mother's weight loss), Pnd (Clutch's weight), MRN (Relative clutch mass), %Pp (Percentage of weight loss). Averages and standard deviations are shown on the bottom row.

Tabla 1. Datos obtenidos durante el evento reproductivo. LHC (Longitud hocico-cloaca), Mi (Masa inicial-antes de ovopositar), PPOVP (Peso post-ovoposición), #H (Numero de huevos), Ppm (Peso perdido de la madre), Pnd (Peso de la nidada), MRN (Masa relativa de la nidada), %Pp (Porcentaje de peso perdido). Al final promedios y desviación estándar.

ID	LHC (mm)	Mi(g)	PPOVP(g)	#H	Ppm(g)	Pnd (g)	MRN(g)	%Pp
Gih1	131.7	44.02	25.15	15	18.8	12.4	0.48	57.1
Gih2	143.4	43.2	27.35	14	15.9	10	0.37	63.3
Gih3	124.59	32.34	20.59	10	11.75	6.8	0.33	63.7
Gih4	144.4	45.16	27.6	17	17.56	15.95	0.58	61.1
$\bar{X}=136 \pm 9.6$ $\bar{X}=41.2 \pm 5.9$ $\bar{X}=25.2 \pm 3.2$ $\bar{X}=14 \pm 2.6$ $\bar{X}=16 \pm 3.1$ $\bar{X}=11.2 \pm 3.8$ $\bar{X}=0.44 \pm 0.1$ $\bar{X}=61.3 \pm 3.0$								

Anteriormente se identificó una relación positiva entre las dimensiones de ánguidos y el tamaño de sus nidadas, como fue el caso de *Elgaria multicarinata* (Goldberg, 1972); aunque esta relación puede no ser proporcional, ya que el número de huevos por nidadas puede disminuir o verse sin cambios independientemente del crecimiento de los ejemplares (Vitt & Congdon, 1978). Para las puestas de *G. infernalis* se reportaron de 11 a 19 huevos, aunque en estudios previos sobre su ecología se determinó una relación no significativa entre las dimensiones de las hembras y el tamaño de sus nidadas (García-Bastida, 2013; Greene et al., 2006).

El tamaño de las nidadas está relacionado con las características del entorno (Abel, 1999; Muñoz-Nolasco et al., 2023). Debido a que la estacionalidad incrementa las oportunidades de reproducción, los lacértidos de zonas de gran altitud pueden no completar su ciclo reproductor (Meiri et al., 2011; Meiri et al., 2020; Tinkle et al., 1969; Wilkinson & Gibbons, 2005), y en el caso de especies de tamaño grande, éstas pueden disminuir su esfuerzo reproductor en comparación con especies pequeñas, lo que beneficia la expectativa de vida, incrementa la longevidad en adultos y mejora la oportunidad de reproducirse (Tinkle et al., 1969). La pérdida de peso o las condiciones corporales de las hembras recaen en su dieta; y ésta a su vez afecta a la ovoposición. Por ejemplo, dependiendo de la calidad del alimento las hembras dejan huevos más grandes o nidadas más numerosas (Warner et al., 2007).

Observamos el cuidado parental en el que las hembras Gih1 y Gih2 se encontraban enrolladas alrededor de sus huevos y con una respuesta defensiva activa, similar a lo observado por Greene et al. (2006). No obstante, los ejemplares Gih4 y Gih3

no exhibieron alguna respuesta defensiva. La agresividad en el cuidado parental es asociada con la agresividad durante el apareamiento y llega a durar hasta la gestación (Sinn et al., 2008). Así mismo, esta agresividad se relaciona con el tamaño de las puestas y mecanismos neurohormonales (Huang, 2006). Durante el evento reproductor hubo la ausencia de una de las hembras en su nidada, y el desacomodo de los huevos en el nido sugiere diferentes movimientos durante la noche/madrugada (fuera de nuestro periodo de observación). Estos movimientos de entrada y salida de las nidadas se documentaron en vida libre por Fielder et al. (2022).

Gerrhonotus infernalis es una lagartija de tamaño relativamente grande cuyas hembras invierten más del 60% de su peso en la ovoposición con nidos con un peso de 15g y donde su MRN es incluso el doble de lo que invierten lagartijas vivíparas como es el caso de especies del género *Plestiodon* y *Lepidophyma*, pero similar al documentado para varias especies de lagartijas vivíparas del género *Sceloporus* que no presenta cuidado parental (Arenas-Moreno et al., 2021; Muñoz et al., 2023; Rodríguez-Romero et al., 2005). No obstante, observamos ciertas diferencias en cuanto al cuidado parental, y cabe recalcar que Green y colaboradores (2006) registraron observaciones de cuidado parental en una sola hembra de *G. infernalis*, en condiciones de laboratorio, sin compararlo con algún otro ejemplar cautivo de la misma especie. Por lo tanto, es necesario invertir mayores esfuerzos en la investigación sobre aspectos reproductores de esta especie; ya que, a pesar de su amplia distribución en México, conocemos increíblemente poco sobre ésta.

Agradecimientos.– Agradecemos la colaboración del personal del Parque Ecológico Chipinque, a la Dra. Emma

Patricia Gómez-Ruiz y el Biol. Jonathan Morales-Esqueda, hasta los guardabosques en las veredas del parque; así como el apoyo de la Sociedad Herpetológica del Noreste, a sus miembros Manuel de Luna y Roberto García-Barrios. Agradecemos su apoyo para la colecta de los ejemplares, la asistencia y consejos para el cuidado de estos. Extendemos nuestro agradecimiento a nuestros compañeros de laboratorio: Adán Bautista-del Moral, Andrea Alaníz-Tamez, Carlos Moreira-Campos, Camila Maldonado-González, Hanny Salazar-Ibarra, Marco Martínez-Duarte, Néstor Saucedo-Delgado, Sarahí Figueroa-Ojeda, al Sr. Mike Zulla y a su familia; así como al Dr. Alejandro Carbajal-Saucedo por su apoyo en la elaboración del escrito del proyecto con *G. infernalis*. Por último, agradecemos a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por su disposición para la realización de los procedimientos legales de colecta y reubicación de los ejemplares, bajo el permiso con número de oficio SGPA/DGV/S/05273/21.

LITERATURA CITADA

- Abell, A.J. 1999. Variation in clutch size and offspring size relative to environmental conditions in the lizards *Sceloporus virgatus*. *Journal of Herpetology* 33:173-180.
- Arias-Ortega, J., F. Bonilla-Murillo & M. Sada. 2016. Desarrollo de la herpetocultura en Costa Rica: situación actual de los herpetarios y manejo *ex situ* de reptiles y anfibios. *Revista de Ciencias Ambientales* 50:1-23
- Arenas-Moreno, D. M., F.J. Muñoz-Nolasco, A. Bautista-del Moral, L.A. Rodríguez-Miranda, S. Domínguez-Guerrero & F.R. Méndez-de la Cruz. 2021. A new species of *Lepidophyma* (Squamata: Xantusiidae) from San Luis Potosí, México, with notes on its physiological ecology. *Zootaxa* 4949:115-130.
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, R. Pineda-López, V. Mata-Silva, D.L. DeSantis, E. García-Padilla, J.D. Johnson, A. Rocha, L.A. Fucsko & L.D. Wilson. 2022. The herpetofauna of Queretaro, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 16:148-192.
- Fielder, C., J. Holmes & T. Hibbits. 2022. *Gerrhonotus infernalis* nesting behavior. *Herpetological Review* 53:132-133.
- Greer, A.E. 1967. Notes on the mode of reproduction in Anguid lizards. *Herpetologica* 23:94-99.
- Goldberg, S.R. 1972. Reproduction in the southern alligator lizard *Gerrhonotus multicarinatus*. *Herpetologica* 28:267-273
- Greene, H.W., J.J. Sígala-Rodríguez & B.J. Powell. 2006. Parental behavior in anguid lizards. *South American Journal of Herpetology* 1:9-19.
- Greene, H.W., P.M. Ralidis & E.W. Acuña. 2009. Texas Alligator lizard. Pp. 492-493. En J.C. Jones & R.E. Lovich (Eds.), *Lizards of the American Southwest: A photographic Field Guide*. Rio Nuevo Publishers, California, USA.
- García-Bastida, M. 2013. Aspectos Ecológicos de *Gerrhonotus infernalis* en el Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Nuevo León, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- García-Bastida, M., Lazcano, D., McBrayer, L.D. & Mercado-Hernández, R. 2013. Sexual dimorphism in the alligator lizard *Gerrhonotus infernalis* (Sauria: Anguillidae): implications for sexual selection. *The Southeastern Naturalist* 58:202-208.
- Huang, W.S. 2006. Parental care in the long-tailed skink, *Mabuya longicaudata*, on a tropical Asian island. *Animal Behaviour* 72:791-795.
- Halliwell, B., T. Uller, E. Wapstra & G.M. While. 2016. Resource distribution mediates social and mating behavior in a family of living lizards. *Behavioral Ecology* 28:145-153.
- Lazcano, D., M. Nevárez-de los Reyes, E. García-Padilla, J.D. Johnson, V. Mata-Silva, D.L. DeSantis & L.D. Wilson. 2019. The herpetofauna of Coahuila, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 13: 31-94.
- Medina, E. & N.R. Ibarra-Goytia 2010. How do viviparous and oviparous lizards reproduce in Patagonia? A comparative study of three species of *Liolaemus*. *Journal of Arid Environments* 74:1024-1032.
- Meiri, S., J.H. Brown & R.M. Sibly 2011. The ecology of lizard output. *Global Ecology and Biogeography* 21:592-602.
- Meiri, S., L. Avila, A.M. Bauer, D.G. Chapple, I. Das, T.M. Doan, P. Doughty, R. Ellis, L. Grismer, F. Kraus, M. Morando, P. Oliver, D. Pincheira-Donoso, M.A. Ribeiro-Junior, G. Shea, O. Torres-Carvajal, A. Slavenko & U. Roll. 2020. The global diversity and distribution of lizard clutch sizes. *Global Ecology and Biogeography* 29:1515-1530.
- Muñoz-Nolasco, F. J., D.M. Arenas-Moreno, D. Cruz-Sáenz & F.R. Méndez-de la Cruz. 2023. Reproductive effort in two viviparous



- species of blue-tailed skinks (Squamata: Scincidae: *Plestiodon*) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94:e943999.
- Nevárez-de los Reyes, M., D. Lazcano, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, J.D. Johnson & L.D. Wilson. 2016. The herpetofauna of Nuevo León, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 3:558-638.
- Olson, M. & R. Shine. 1997. The seasonal timing of oviposition in sand lizards (*Lacerta agilis*): why early clutches are better. *Journal of Evolutionary Biology* 10:369-381.
- Pérez-González, B.R. 2019. Inventario Actualizado de la Herpetofauna del Parque Ecológico Chipinque, Ubicado en los Municipios de San Pedro Garza García y Monterrey, Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. México
- Rodríguez-Romero, F., F.R. Méndez & L. López-González. 2005. Análisis comparado del esfuerzo reproductor en algunos lacertilios mexicanos de ambientes tropical y templado. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 2:168-177.
- Shine, R. 1999. Egg-laying reptiles in cold climates: determinants and consequences of nest temperatures in montane lizards. *Journal of Evolutionary Biology* 12:918-926.
- Sinn, D.L., G.M. While & E. Wapstra. 2008. Maternal care in a social lizard: links between female aggression and offspring fitness. *Animal Behaviour* 76:1249-1257.
- Tinkle, D.W., H.M. Wilbur & S.G. Tilley. 1969. Evolutionary strategies in lizard reproduction. *Evolution* 24:55-74.
- Terán-Juárez, S.A., E. García-Padilla, V. Mata-Silva, J.D. Johnson & L.D. Wilson. 2016. The herpetofauna of Tamaulipas, México: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 3: 42-113.
- Vitt, L.J. & J.D. Congdon. 1978. Body shape, reproductive effort, and relative clutch mass in lizards: resolution of a paradox. *The American Naturalist* 112:595-608.
- Vitt, L.J. & H.J. Price. 1982. Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards. *Herpetologica* 38:237-255.
- Villegas-Ruiz, J., R. Hernández-Árciga, J.C. López-Vidal & C. Elizalde-Arellano. 2014. Ampliación de la distribución de *Gerrhonotus infernalis* (Squamata: Anguillidae) para la región noroeste del estado de Guanajuato. *Acta Zoológica Mexicana* 31:135-137.
- Wilkinson, L.R., J.W. & Gibbons. 2005. Patterns of reproductive allocation: clutch size and egg size variation in three freshwater turtles. *Copeia* 2005:868-879.
- Warner, D.A., X. Bonnet, K.A. Hobson & R. Shine. 2007. Lizards combine stored energy and recently acquire nutrients flexibly to fuel reproduction. *Journal of Animal Ecology* 77:1242-1249.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & D. Johnson. 2013. A conservation assessment of reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.

