

TERMORREGULACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO DE *HELODERMA ALVAREZI* (SQUAMATA: HELODERMATIDAE) EN CAUTIVERIO

THERMOREGULATION IN THE BEHAVIOR OF *HELODERMA ALVAREZI* (SQUAMATA: HELODERMATIDAE) IN CAPTIVITY

J. MANUEL ARANDA-COELLO¹, AARÓN GÓMEZ CRUZ^{1*}, OSCAR M. MENDOZA VELÁZQUEZ¹ Y EDUARDO REYES GRAJALES²

¹Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles (MesoHerp)

²Instituto de Ciencias Biológicas; Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Libramiento norte poniente 1150, Colonia Lajas Maciel, C.P. 29018, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

*Correspondence: gomez.cr.aa@gmail.com

Abstract.— It has been proposed that thermoregulatory behavior can reduce and inhibit the evolutionary pressures imposed by environmental variation, in this way behavior plays an important role in the evolutionary process. The objective of this work was to identify the variations in the behavior of *Heloderma alvarezi* with aspects related to the temperature in captivity and to generate a thermoregulatory ethogram for this species in wildlife. Observations were made on the behavior of *H. alvarezi* at a set time from 09:00 a.m. to 4:00 p.m. along 111 days at three meters distance to avoid influencing the behavior. It did not exist an ethogram to classify the thermoregulation behaviors for the genus *Heloderma*, thus it was decided to describe an ethogram from these observations. We observed six behavioral variants related to thermoregulation, they were classified as: 1) tigmothemic, 2) elevated body, 3) exploratory, 4) homelike behavior, 5) gregarious behavior and 6) thermoregulation. These behaviors will contribute to the knowledge of the natural history of *H. alvarezi* and to explore the implications that the temperature exerts on this species that tend to maintain body temperatures that oscillate between 30 °C. The increase in the temperature can affect periods of activity, which would be reduced in order to avoid the critical points of maximum tolerable temperature; in these individuals the behavior plays an important role in controlling the temperature.

Keywords.— Thermal ecology, beaded lizard, thermoconformist, ZooMAT.

Resumen.— Se ha propuesto que el comportamiento termorregulatorio puede reducir e inhibir las presiones evolutivas impuestas por la variación ambiental, de esta forma el comportamiento juega un rol importante en el proceso evolutivo. El objetivo de este trabajo fue identificar las variaciones en el comportamiento de *H. alvarezi* con aspectos relacionados a la termorregulación en cautiverio y generar un etograma termorregulatorio base para la especie en vida silvestre. Se realizaron observaciones del comportamiento de *H. alvarezi* en un horario establecido de las 09:00 a 16:00 h a lo largo de 111 días a tres metros de distancia para evitar influir en el comportamiento. Debido a que no existía un etograma para clasificar los comportamientos de termorregulación para el género *Heloderma*, se optó por describir uno a partir de estas observaciones. Observamos seis variantes conductuales relacionadas con la termorregulación los cuales se clasificaron como: 1) tigmotérmica, 2) cuerpo elevado, 3) exploratorio, 4) comportamiento hogareño, 5) comportamiento gregario y 6) termorregulación. El registro de estos comportamientos contribuirán al conocimiento de la historia natural de *H. alvarezi* y con ello poder conocer las implicaciones que la temperatura ejerce sobre esta especie que tiende a mantener temperaturas corporales de aproximadamente 30 °C. El incremento en la temperatura puede llegar a afectar los periodos de actividad, los cuales se verían reducidos con la finalidad de evitar los puntos críticos de temperatura máxima tolerable; pues se observó que en estos individuos el comportamiento juega un rol importante en el control de la temperatura.

Palabras clave.— Ecología térmica, lagarto enchaquirado, termoconformista, ZooMAT.



Figure 1. a) Specimen of *H. alvarezi* immersed in a water tank at 1:30 p.m. on a hot day. b) Position in which individuals of *H. alvarezi* are usually found in burrows.

Figura 1. a) Ejemplar de *H. alvarezi* inmerso dentro de un depósito del agua a la 13:30 h en un día caluroso. b) Posición en la que suelen encontrarse los individuos de *H. alvarezi* en las madrigueras.

En organismos ectotermos el comportamiento termorregulatorio juega un rol fundamental en el mantenimiento de la temperatura corporal, algunas de estas estrategias son la alternancia entre microhábitats de distintas ofertas térmicas, uso diferencial del tiempo de actividad y cambios en la postura corporal (Zug et al., 2003; Labra & Vidal, 2003; Labra et al., 2008). Se ha propuesto que el comportamiento termorregulatorio puede reducir e inhibir las presiones evolutivas impuestas por la variación ambiental, de esta manera el comportamiento juega un papel importante en el proceso evolutivo (Huey et al., 2003). Entre los factores ambientales que influyen en los cambios fisiológicos, se considera que la temperatura es el más importante, debido a que activa o deprime funciones de algunos sistemas corporales que determinan respuestas del comportamiento individual o colectivo (Aranda-Coello, 2015). Es por esto que los reptiles, al igual que la mayoría de los ectotermos, no sólo deben preocuparse por la temperatura del entorno en el que se encuentran, sino por alcanzar y mantener una temperatura corporal óptima, que les permita realizar funciones vitales tan importantes como la reproducción, el crecimiento, la alimentación o la movilidad (Huey, 1982).

El género *Heloderma* comprende cinco especies (*H. suspectum*, *H. exasperatum*, *H. horridum*, *H. alvarezi* y *H. charlesbogerti*) de las cuales tres se distribuyen en México (*H. suspectum*, *H. exasperatum*, *H. horridum* y *H. alvarezi*) y dos habitan en el estado de Chiapas (*H. horridum* y *H. alvarezi*; Reiserer et al., 2013). En los bosques secos del estado de Chiapas se encuentra *H. alvarezi* tierra adentro de Cintalapa, Jiquipilas y en toda la depresión central hasta la frontera con Guatemala (Álvarez del Toro, 1982). Este taxón es único entre el género *Heloderma* debido a que experimenta un aumento ontogenético en el melanismo, por lo que tienden a perder el patrón de color entre el cuarto y quinto año de vida (Bogert & Martín del Campo, 1956; Álvarez del Toro, 1982; Beck, 2005). Los neonatos nacen con el cuerpo marcados por manchas y bandas amarillas (incluso en la cola), mientras que el patrón de color de los adultos se transforma gradualmente en un marrón o gris oscuro casi uniforme (Bogert & Martín del Campo, 1956; Álvarez del Toro, 1982; Beck, 2005).

Al igual que el resto de los Helodermatidos, *H. alvarezi* a lo largo de toda su distribución coincide con un ecosistema de selva baja caducifolia (el cual ha sido reconocido como el ecosistema más amenazado a nivel mundial), en Chiapas este ecosistema prácticamente ha desaparecido y únicamente se mantiene menos del 30% de la superficie original (Trejo, 2005). Esto implica que la especie también se encuentre amenazada, aunado a la pérdida de cobertura vegetal se encuentra la cacería indiscriminada causada por las creencias equivocadas y el

comercio ilegal, principalmente como mascotas (com. pers. A. Ramírez-Velázquez).

Esta especie presenta diversas amenazas, y así como una escasez de estudios sobre su comportamiento (Bogert & Martín del Campo, 1956; Beck & Lowe, 1991). Además de que no se encuentra protegida por la NOM-059-SEMANART-2015 ni por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Debido a esto el objetivo de este trabajo consistió en identificar las variaciones en el comportamiento de *H. alvarezi* con aspectos relacionados a la temperatura en cautiverio y generar un estudio base para la especie en vida silvestre.

El estudio se llevó acabo en los meses de marzo a junio del 2018, en un recinto de 12 x 10.5 x 11 x 6 m en donde se encuentran los individuos de *H. alvarezi* dentro de la curaduría de anfibios y reptiles del Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT), en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Ubicado entre las coordenadas geográficas (16.724704°N, -93.09655°W), el cual presenta una vegetación de selva alta o mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Con una temperatura media anual de 25.4 °C y una temperatura en los meses de abril y mayo de 40 °C.

Para el registro de las observaciones sobre el comportamiento de *H. alvarezi* se determinó un horario de observación desde las 09:00 hasta las 16:00 h durante 111 días, las observaciones se realizaron a tres metros de distancia para evitar influir en el comportamiento. Debido a que no existe un etograma para clasificar los comportamientos de termorregulación para el género *Heloderma*, se optó por describir un etograma nuevo a partir de las observaciones y apoyados por el etograma de Nunez (2008).

Para el registro de la temperatura corporal los organismos (n=15) fueron capturados a diferentes intervalos de tiempo (10:00, 12:00, 14:00 y 15:00 h) y mediante la identificación de chips implantados, se realizó su reconocimiento; con el propósito de obtener un mejor registro en cada lectura de temperatura, se utilizaron dos tipos de termómetros: digital (de la marca Winco TMT-DG1 con una variación de ± 2 °C) e infrarrojo (de la marca Floureo con una variación de ± 1 °C).

Una vez capturados se registraban las siguientes temperaturas con el termómetro digital: temperatura interna (Ti), la cual se tomaba a través de la cloaca con una manipulación inferior a los dos minutos en cada toma para evitar variaciones en la Ti, y temperatura ambiental (Tamb) en la cual se colocaba el termómetro en el interior del recinto para registrar la temperatura del aire al sol; las temperaturas registradas con el

Table 1. Different types of thermoregulatory behaviors exhibited by individuals of *H. alvarezii*.**Tabla 1.** Diferentes tipos de comportamientos para termorregulación exhibidos por los individuos de *H. alvarezii*.

Comportamiento	Descripción de los comportamientos
Tigmotermia	Los individuos mantienen el cuerpo y las extremidades aplanadas dorsoventralmente contra el sustrato.
Cuerpo elevado	Los individuos permanecen extendidos con los cuatro miembros, el cuerpo se encuentra totalmente elevado en relación al sustrato.
Exploratorio	Los individuos al percibirse de la presencia de otro comienzan a exponer y retraer la lengua repetidamente, seguido de movimientos laterales de cabeza durante 2 minutos aproximadamente.
Comportamiento hogareño	Los individuos ingresan a su madriguera orientando el hocico hacia el exterior y manteniendo la exposición y retracción de la lengua.
Comportamiento gregario	Los individuos comparten la misma madriguera con otros individuos, descansando uno sobre otro durante largos periodos.
Termorregulación	Los individuos se encuentran inmersos en los depósitos de agua, de igual forma emergen de sus madrigueras cuando el sol llega hacia ellas y regresan cuando han alcanzado la temperatura corporal óptima.

termómetro infrarrojo fueron: temperatura del sustrato (T_s), ya que su precisión en los rangos de temperatura era menor y por ende más confiables que el digital.

Respecto a las clasificaciones se observaron en 15 individuos seis diferentes estrategias usadas en la termorregulación de *H. alvarezii* (Tabla 1), se observó que los individuos emergen abruptamente de las madrigueras una vez que éstas son alcanzadas por los rayos del sol, una vez fuera mediante una conducta tigmotérmica obtienen calor del sustrato por medio de la conducción. Durante el periodo de exposición se encuentran más alertas a la presencia de otros individuos (< 1m), tomando una posición de cuerpo elevado, lo cual conlleva a un comportamiento exploratorio.

Se observó también un comportamiento hogareño con respecto a las madrigueras (Fig. 1b), a pesar de la disponibilidad de refugios suelen regresar a una madriguera predeterminada orientando el hocico hacia afuera. Dentro de las madrigueras se puede observar un comportamiento gregario en el cual, los individuos se posicionan uno sobre otro. En las horas de temperaturas elevadas (12:00 pm) los individuos se suelen encontrar inmersos en los depósitos de agua o bien deciden regresar al interior de las madrigueras como una estrategia de termorregulación.

Los individuos presentaron una temperatura interna (T_i) promedio de 27 ± 2.2 °C durante las horas de estudio. Con el objetivo de entender mejor la relación entre las temperaturas se realizaron correlaciones de Pearson con el fin de conocer si existía relación entre la temperatura del sustrato (T_s) y la temperatura interna (T_i), de igual forma entre la temperatura ambiental y

el T_i (Fig. 2). Las correlaciones realizadas se ejecutaron con el programa Minitab® 18.

Los resultados muestran que la temperatura interna (T_i) de *H. alvarezii* estuvo ligeramente relacionada con la temperatura del sustrato ($r = 0.613$, $p < 0.001$; $r^2 = 0.375$) y con la temperatura ambiental ($r = 0.609$, $p < 0.001$; $r^2 = 0.371$). Lo cual evidencia que la especie tiene tendencia a comportarse como un organismo termoconformista, ya que existe una relación positiva y significativa entre las temperaturas del ambiente y las temperaturas corporales.

La termorregulación conductual se basa en estrategias acorde con el sitio en que habita el organismo pudiendo ser: mediante la exposición de los rayos del sol cuando el organismo se encuentra frío o bien cuando decide moverse a la sombra después de haber alcanzado la temperatura deseada (Fierro, 2013). En *H. alvarezii* observamos que por las mañanas emergían abruptamente de sus refugios una vez que eran alcanzados por el sol, regresando a su madriguera una vez alcanzaban su temperatura corporal óptima interna, se demostró que el promedio de la temperatura interna durante el periodo de estudio, se encuentran en el rango de temperaturas óptimas (27.2 ± 2.2 °C) registradas para el género *Heloderma*, lo que concuerda con los estudios realizados por Bogert y Martín del campo (1956) y Beck y Lowe (1991). Asimismo, las características físicas de las madrigueras influyen en su microambiente, llegando a influir en la temperatura y humedad de las mismas, por lo que los helodermatidos pueden beneficiarse también de temperaturas corporales bajas, y consecuentemente reducir el gasto energético al pasar largos periodos dentro de las madrigueras (Beck & Lowe, 1994).

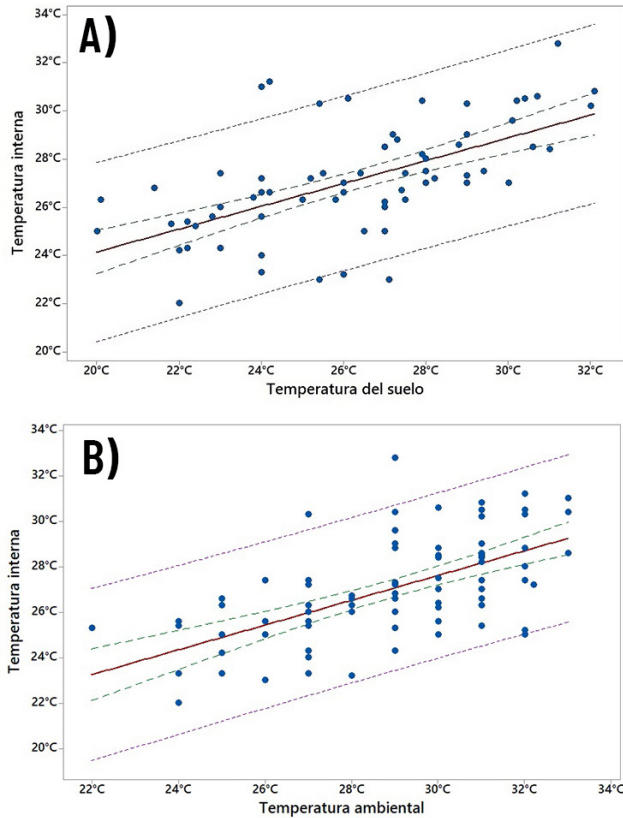


Figure 2. Relationship between internal temperature *H. alvarezi* with a) substrate temperature and b) air temperature.

Figura 2. Relación entre la temperatura interna *H. alvarezi* con la a) temperatura del sustrato y b) la temperatura del aire.

Aunado a que los organismos regulaban los niveles de temperatura corporal mediante inmersiones prolongadas en los estanques de agua, en las horas con mayor calor (12:00 h a 15:00 h) podemos interpretar que los organismos no utilizan exclusivamente una sola estrategia de termorregulación, sino un conjunto de ellas para optimizar el desempeño fisiológico. Huey y colaboradores (1989) sugieren que esta acción está dirigida a la ganancia o a la pérdida de calor, ya que permite evitar el sobrecalentamiento corporal, las temperaturas extremadamente bajas y la capacidad de mantener una temperatura en la que pueda desarrollar sus actividades. Asimismo, los miembros del género *Heloderma* son individuos que debido a su comportamiento presentan conductas poco marcadas, puesto que en un año llegan a pasar hasta 95 % del tiempo resguardados dentro de sus refugios (Beck & Lowe, 1991); por lo que el registro de su comportamiento requiere de periodos prolongados de observación, lo que nos llevó a poder describir los diferentes tipos de comportamiento, contribuyendo a la historia natural de

H. alvarezi.

Por otra parte, los resultados evidencian que *H. alvarezi* se comporta como un organismo termoconformista, ya que existe una correlación positiva entre las temperaturas del ambiente y las temperaturas del organismo, y a pesar que no existen muchos estudios sobre la ecología térmica del género *Heloderma*, se conoce que dentro de los saurios se han registrado dependencias en las temperaturas ambientales y corporales (Cunningham, 1966; Villavicencio et al., 2012; Fierro, 2013).

Es por ello, que las observaciones obtenidas contribuyen en el conocimiento de la historia natural de *H. alvarezi* para conocer las implicaciones que la temperatura ejerce sobre el comportamiento de esta especie, pues tienden a mantener temperaturas corporales que oscilan entre los 30 °C. El incremento en la temperatura puede llegar a afectar en los periodos de actividad, reduciéndose con la finalidad de evitar los puntos críticos de temperatura máxima tolerable; pues se observó que el comportamiento juega un rol importante en el control de la temperatura de estos individuos. La disminución en los periodos de actividad implican que se utilice una menor cantidad de tiempo en los procesos reproductivos, lo cual puede conducir a una disminución en el tamaño de las poblaciones; sin embargo aún es importante realizar más estudios sobre la ecología térmica del género *Heloderma*, para analizar los posibles efectos del cambio climático sobre esta especie.

Agradecimientos.— Al C. Antonio Ramírez Velázquez encargado de la Curaduría de anfibios y reptiles del Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT) por el apoyo en la manipulación de los ejemplares y el permiso concebido para realizar el estudio.

LITERATURA CITADA

- Álvarez del Toro, M. 1982. Los reptiles de Chiapas. 3ª edición, Publicación del Instituto de Historia Natural, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Aranda-Coello, J.M. 2015. Primeras observaciones en vida silvestre de temperaturas ambientales y su influencia en la emersión de neonatos de *Crocodylus acutus* en la estación biológica Nancite, Costa Rica. Boletín de la Asociación Herpetológica Española. 26:26-29.
- Beck, D.D & C.H. Lowe. 1991. Ecology of the Beaded Lizard, *Heloderma horridum* in a tropical Dry Forest in Jalisco, México. Journal Herpetology 25:395-406.

- Beck, D.D. & C.H. Lowe. 1994. Resting metabolism of helodermatid lizards: allometric and ecological relationships. *Journal of Comparative Physiology B*. 164:124-129.
- Beck, D.D. 2005. *Biology of Gila Monster and Beaded Lizards*. University of California Press, California.
- Bogert, C.M. & R. Martín del Campo. 1956. The Gila monster and its allies. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. New York. 109:1-238.
- Cunningham, J.D. 1966. Additional observations on the body temperatures of reptiles. *Herpetológica* 22:184-189.
- Fierro, N. 2013. Ecología térmica de *Abronia taeniata* (Reptilia: Anguillidae) y su susceptibilidad ante el calentamiento global. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Huey, R.B. 1982. Temperature, physiology, and ecology of reptiles. En *Biology of the Reptilia*. Academic press, New York. 25-91.
- Huey, R.B., P.H. Nierwiarowski, J. Kaufmann & J.C. Herron. 1989. Thermal biology of Nocturnal Ectotherms: Is Sprint Performance of Geckos Maximal at Low Body Temperatures? *Physiological Zoology* 62: 488-504.
- Huey, R.B., Hertz, P.E. & Sinervo, B. 2003. Behavioral Drive versus Behavioral inertia in Evolution: A Null Model Approach. *The American Naturalist*. 161(3): 357-366.
- Labra, A. & M. Vidal. 2003. Thermoregulation in reptiles: Un pasado veloz y un futuro lento. Pp. 207-224. En Bozinovic, F. (Ed.), *Fisiología Ecológica y Evolutiva*. Conceptos y casos de estudios en animales, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Labra, A., M. A. Vidal, R. Solís, R. & M. Penna. 2008. Ecofisiología de anfibios y reptiles. Pp. 483-516. En Vidal, M.A. & A. Labra (Eds.) *Herpetología de Chile*, Springer Verlag, Santiago, Chile.
- Nunez, J.V. 2008. Etograma básico, ecología termal e dimorfismo sexual de *Tropidurus itambere* Rodrigues, 1981 (Squamata; Tropiduridae) em uma área de campo rupestre no sudeste do Brasil. Tesis de Maestría. Universidad Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. Brasil.
- Reiserer, S.S., G.W. Schuett & D.D. Beck. 2013. Taxonomic reassessment and conservation status of the beaded lizard, *Heloderma horridum* (Squamata: Helodermatidae). *Amphibian & Reptile Conservation* 7(1): 74-96.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. Pp. 111-122. En *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, SEA, Vol. 4, Zaragoza, España.
- Villavicencio, H.J., J.C. Acosta, G.M. Blanco & J.A. Marinero. 2012. Ecología térmica de la lagartija endémica *Liolaemus eleodori* (Iguania: Liolaemidae) en el Parque Nacional San Guillermo, San Juan, Argentina. *Multequina* 21: 1-7
- Zug, G., L. Vitt & J. Caldwell. 2001. *Herpetology: an introductory biology on amphibians and reptiles*. Segunda edición. Academic Press. San Diego, California, E.E.U.U.

