

## RELACIÓN ENTRE LA MANCHA ALAR Y LA TERMORREGULACIÓN DE DOS ESPECIES DEL GÉNERO *Hetaerina* (ODONATA: CALOPTERYGIDAE)

Miguel Rivas y Alex Córdoba -Aguilar. Laboratorio de Ecología de la Conducta de Artrópodos (LECA), Instituto de Ecología, UNAM. Av. Universidad #3000 col. UNAM CU, Coyoacán, CP: 45510, México DF. miguelrivassoto@gmail.com

**RESUMEN:** La pigmentación alar en odonatos es un carácter morfológico que se ha asociado a la termorregulación. Por esta razón, buscamos la relación entre la proporción de la mancha alar y la alometría de la misma, con la altitud en un gradiente de 1912 metros entre los estados de México y Guerrero, para dos especies de calopterígidos con pigmentación alar: *Hetaerina vulnerata* y *H. americana*. La proporción de la mancha sobre el ala fue más grande, a mayores altitudes pero no su alometría. Los individuos de *H. vulnerata* son más grandes a mayores altitudes mientras que *H. americana* son más pequeños. *H. americana* presentó diferencias en la regulación interna de su temperatura lo que podría explicar estas diferencias.

Palabras clave: pigmentación alar, alometría, termorregulación, gradiente altitudinal.

### Relation between wing spot and the thermoregulation for two species of genera *Hetaerina* (Odonata: Calopterygidae)

**ABSTRACT:** The pigmentation of odonate wing spot has been recently linked with thermoregulation function. For this reason, we explored some relationship between proportion and allometry of the wing spot with altitude in a gradient of 1912 m in the states of Mexico and Guerrero using two species of Calopterygidae family with pigmented wings: *Hetaerina vulnerata* and *H. americana*. Proportion of wing spot was higher at high altitudes than low altitudes although allometry was not related. *H. americana* individuals showed differences in internal temperature regulation, which could explain the differences related to such altitudinal gradient.

Key words: wing spot, allometry, thermoregulation, altitudinal gradient

### Introducción

En animales ectotermos la temperatura corporal está directamente relacionada con la temperatura del ambiente que los rodea (Heinrich 1973; May, 1979; Kingsolver, 1983). La mayoría de los insectos no tiene mecanismos fisiológicos que le permitan regular su temperatura por lo que la conducta termorregulatoria juega un papel fundamental para elevar o disminuir la temperatura corporal (May, 1976). Sin embargo, algunos insectos termorregulan durante periodos cortos exponiendo en mayor o menor medida su corporalidad a la radiación solar (Bakken y Gates, 1975, Birkebak, 1966). Como consecuencia la temperatura del cuerpo depende directamente del tamaño corporal, la forma y el color de los organismos (Heinrich y Esch, 1994). En este sentido, las manchas pigmentadas de las alas de los zygópteros (Insecta: Odonata) se han reconocido como un rasgo termorregulatorio (Watanabe, 1991, Outomuro y Ocharan 2011), relacionado con la temperatura ambiental de los diferentes hábitats de las distintas especies. De hecho, recientemente se ha sugerido que la pigmentación alar en estos animales habría evolucionado a causa de la termorregulación (Svensson y Waller 2013).

En la familia Calopterygidae, la mancha alar masculina ha sido estudiada en términos de selección sexual. Sin embargo, solamente en *Hetaerina titia* se han observados diferentes patrones de vuelo e insolación dependiendo de la intensidad de la mancha (Hilfert-Rüppell y Rüppell, 2013). Por esta razón el objetivo de este trabajo es conocer si el tamaño de la mancha alar está relacionado con la

altitud/temperatura para dos especies de Calopterígidos: *Hetaerina vulnerata* y *H. americana* a lo largo de un gradiente de altitud y reconocer si el tamaño de la mancha impacta sobre la temperatura corporal. En este trabajo se esperaba que la mancha sea proporcionalmente mayor en zonas altas, y así permitir la captación de energía solar para calentar a los organismos de forma más eficiente que en altitudes bajas. De la misma forma, la pendiente alométrica, de este rasgo, irá disminuyendo conforme lo hace la altitud. Producto de la adversidad térmica de las zonas frías se espera que los animales cambien de tamaño en las épocas y altitudes con menor temperatura ambiental.

### Materiales y Método

Se colectaron ejemplares de *H. vulnerata* y *H. americana* en 8 sitios de los estados de México y Guerrero, en un gradiente de altitud de 1912 metros (Fig. 1). Las colectas se realizaron durante 10 días en mayo y septiembre de 2012, y febrero de 2013. Se utilizó una red entomológica a lo largo de un transecto de 200 metros a la orilla de los cuerpos de agua y se capturaron los individuos perchados defendiendo un territorio. A cada ejemplar se le midió su temperatura de tórax y abdomen sobre una placa de poliestireno en la sombra y antes de 10 segundos de haber sido capturado. Posteriormente se fotografiaron sobre un papel milimétrico y se midió el tamaño de la superficie del ala y la mancha usando el programa Image J.

Para medir la temperatura se utilizó un termómetro de contacto Fluke 51II con un termopar de 0.5mm. Los datos se analizaron realizando una regresión de arco mayor entre la relación de la proporción Ala-Mancha y la longitud del cuerpo, para los individuos de cada localidad a fin de establecer una relación entre la alometría de la mancha con la altitud, y por ende temperatura, de la localidad.

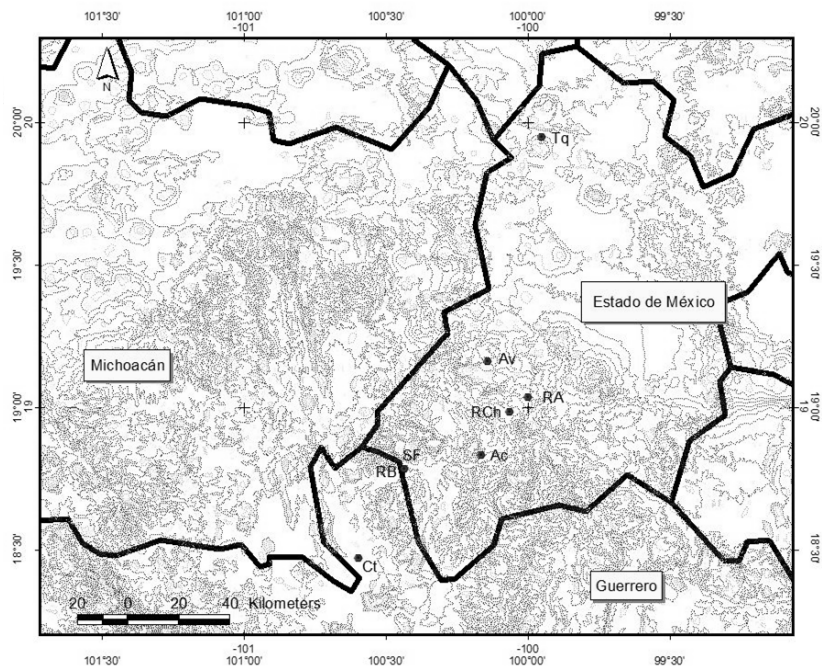


Figura 1. Localidades de muestreo: Tequesquiapan (Tq), Real de Arriba (RA), Avándaro (Av), Río Chileros (RCh), Acamuchitlán (Ac), Río San Felipe (RF), Río Bejucos (RB), Cutzamala (Ct).

## Resultados y Discusión

De un total de 261 individuos, los de *H. vulnerata* se encontraron en las cuatro localidades de mayor altitud (2193-1643 msnm) mientras que los ejemplares de *H. americana* habitaron las cuatro localidades de menor altitud (908-281 msnm). La mancha fue proporcionalmente mayor en zonas altas, y resultó proporcionalmente mayor en *H. vulnerata* (de zonas altas) que en *H. americana* (de zonas bajas). La alometría de la mancha, corregida por el tamaño del cuerpo a través de un análisis de regresión de arco mayor, resultó ser mayor en *H. americana*, y por lo tanto más hiperalométrica que en *H. vulnerata* ( $H. vulnerata = 3.282 H. americana = 5.280$ ).

Lo anterior sugiere que, aunque la mancha es proporcionalmente mayor en *H. vulnerata*, los animales son más grandes y por lo tanto la mancha de *H. americana* significan una mayor proporción corporal de los animales contradiciendo los resultados esperados. Cabe mencionar que la mancha haya resultado hiperalométrica, coincide con los estudios previos en ambas especies (Álvarez *et al.*, 2013).

Cuando se analizaron los datos por localidad/altitud existe una tendencia de que en zonas altas la mancha ocupa una mayor proporción del ala que en zonas más bajas, esto ocurre en ambas especies (Pearson  $r = 0.643$   $P < 0.001$ ) (Fig. 2). Sin embargo, el análisis de regresión de arco mayor, por localidad, no muestra una correlación entre la pendiente alométrica y la altitud (Pearson  $r = -0.673$   $P > 0.05$ ) (Fig. 3). De esta forma, en ambas especies, la proporción que ocupa la mancha sobre el ala tiende a decrecer con la altitud. Nos obstante, no ocurre lo mismo con el tamaño corporal.

Los individuos de *H. americana* resultaron coincidentes con el inverso de la regla de Bergmann, es decir, son más pequeños en zonas altas; sin embargo la prueba no fue significativa (Pearson  $r = -0.127$   $P > 0.05$ ). En *H. vulnerata*, los resultaron fueron congruentes con la regla de Bergmann: a mayores altitudes hubo animales de mayor tamaño (Pearson  $r = 0.163$   $P < 0.05$ ). Outomuro (2009) observó en otras especies de Calopterígidos (*Calopteryx virgo meridionalis* y *Calopteryx xanthostoma*) que estos animales no siguen el inverso de la regla de Bergmann, como se esperaría en ectotermos grandes con largos periodos de desarrollo (Blanckenhorn y Demont, 2004), como es el caso de *H. vulnerata*.

En ambas especies los individuos fueron más pequeños en la estación fría (Febrero) (ANOVA,  $F = 41.743$ ,  $P < 0.001$  para *H. americana* ANOVA,  $F = 21.795$ ,  $P < 0.001$  para *H. vulnerata*) (Fig. 4a). La proporción que la mancha ocupa sobre el ala no tuvo diferencias entre los meses de colecta para *H. vulnerata* (ANOVA,  $F = 77.168$   $P > 0.05$ ) pero si resultó significativamente mayor en *H. americana* durante la estación fría (ANOVA  $F = 77.168$ ,  $P < 0.01$  HSD-Tukey  $P < 0.001$ ) (Fig. 4b). En campo la temperatura del tórax y del abdomen no tuvo diferencias significativas en *H. vulnerata* ( $t_{151} = 3.884$   $P < 0.001$ ) mientras que en *H. americana* la temperatura del tórax es significativamente mayor a la del abdomen ( $t_{110} = 1.079$   $P > 0.05$ ). Lo anterior podría sugerir diferencias fisiológicas entre ambas especies, para termorregular. Se ha visto que la diferencia de temperatura entre tórax y abdomen se debe a mecanismos de la circulación de la hemolinfa, mediante mecanismos contraflujo, lo que permite mantener una diferencia entre ambas temperaturas corporales (tórax y abdomen), lo que facilita la pérdida o ganancia de calor, según sea el caso (May, 1976). Es posible que esta diferencia, en el control interno de la temperatura, pueda explicar las diferencias observadas a lo largo del gradiente de altitud con *H. americana*, en cuanto al tamaño corporal, coincidente con el inverso de la regla de Bergmann y el mayor tamaño de la mancha en la época fría. Sin embargo, este mecanismo se desconoce en Zygoptera por lo que estudios experimentales, sobre los mecanismos fisiológicos de control de la temperatura, se hacen necesarios en esta especie.

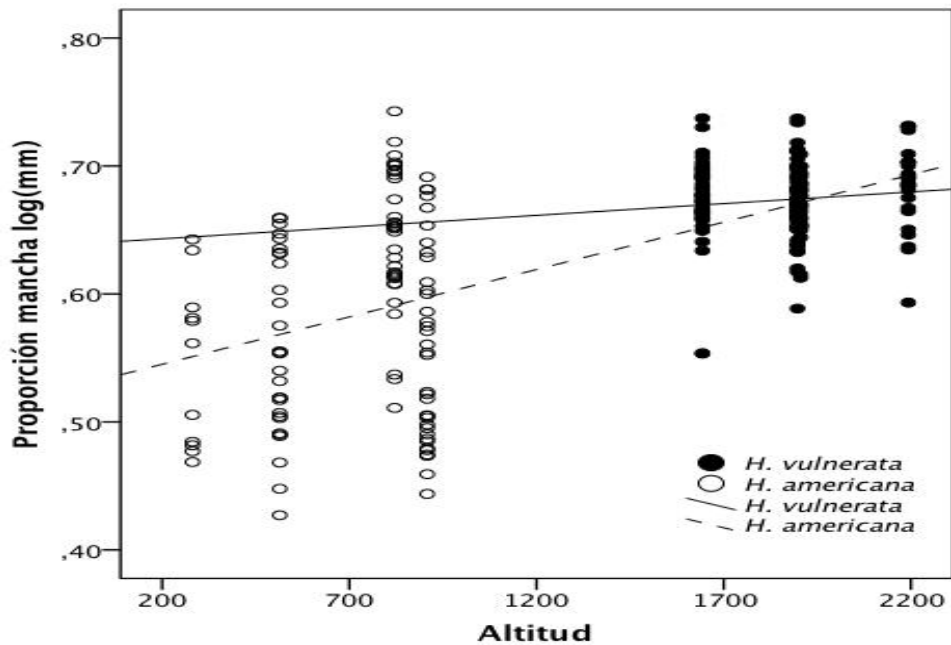


Figura 2. Relación entre la proporción alar de la mancha [log 10 (mm)] con la altitud para 8 localidades de muestreo. Los círculos rellenos en negro representan a *H. vulnerata* mientras que los círculos en blanco representan a *H. americana*. Las líneas de tendencia se representan en negro para *H. vulnerata* y en línea segmentada para *H. americana*.

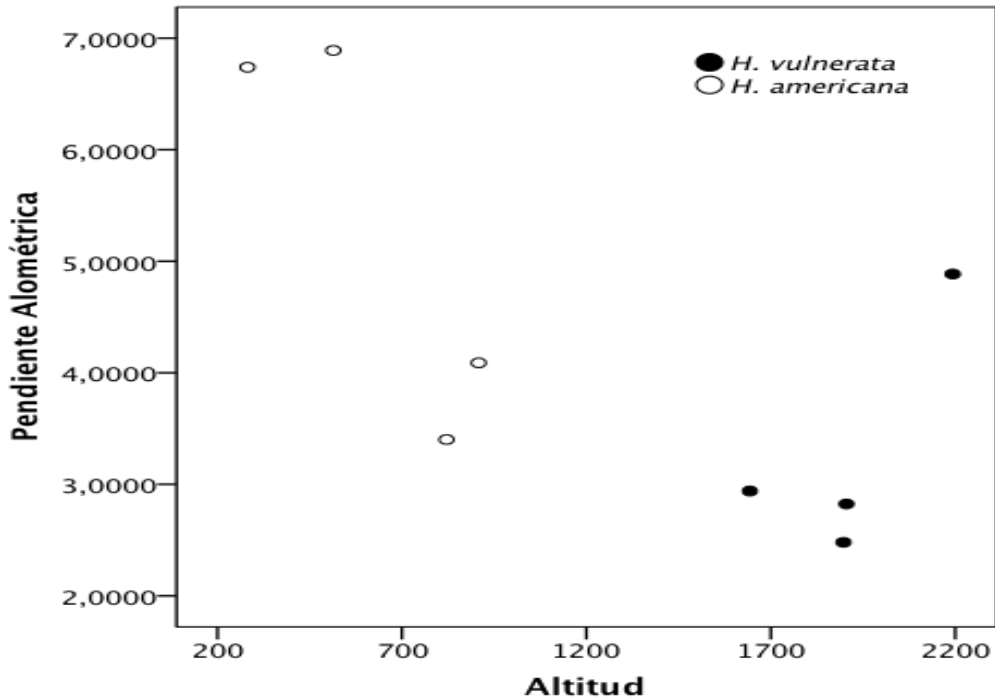


Figura 3. Relación entre la pendiente alométrica, por regresión de arco mayor, con la altitud para 8 localidades en un gradiente altitudinal.

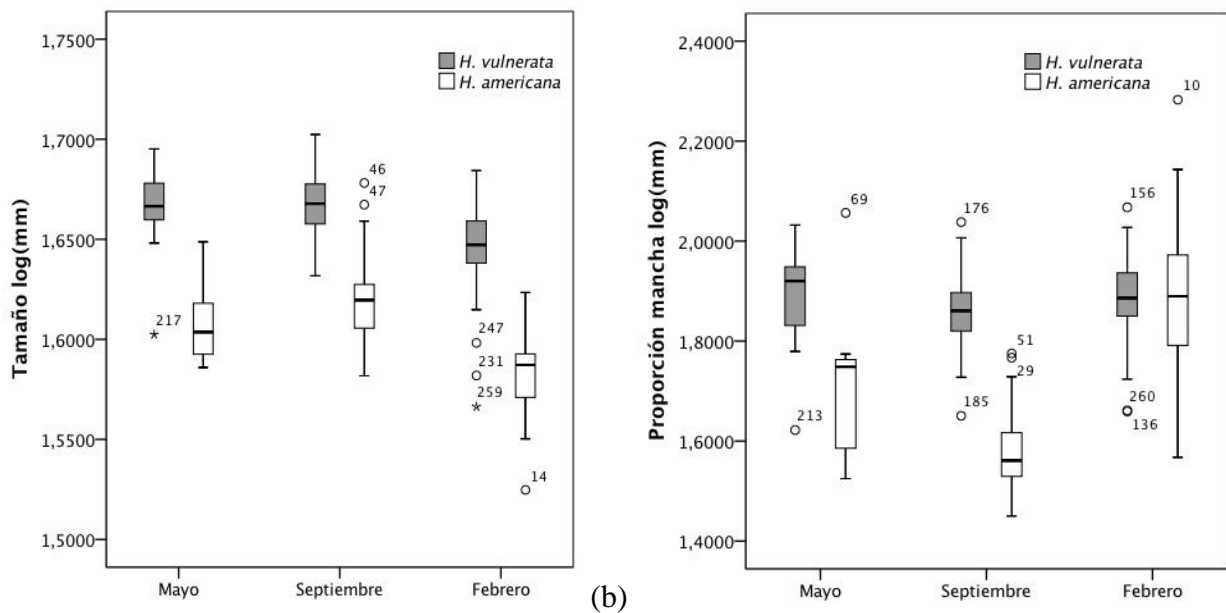


Figura 4. Tamaño corporal (a) y proporción de la mancha (b) en cada mes de colecta. Mayo (secas), Septiembre (lluvias) y Febrero (Frías). Las cajas están representadas en gris para *H. vulnerata* y en blanco para *H. americana*.

Svensson y Waller (2013) plantearon que la mancha alar en odonatos podría haber evolucionado por termorregulación y que varía con la latitud. En su estudio las especies de latitudes menores presentaron mayor intensidad en la pigmentación que aquella de mayor latitud. En nuestro gradiente de altitud se observó este fenómeno asociado a la proporción que la mancha ocupa sobre el ala. Sin embargo, es posible que el estudio de Svensson y Waller (2013) no considere la relación entre el tamaño e intensidad de la mancha con la temperatura del tórax, así como tampoco considera la función termorregulatoria de la mancha en hembras, las cuales carecen de pigmentación y por lo tanto no estaría asociada a la termorregulación. El presente estudio muestra que la proporción que la mancha ocupa sobre el ala, podría estar influenciado por la altitud, no así su alometría, y que la estación fría produce individuos más pequeños y con un mayor tamaño de la mancha, proporcionalmente, en *H. americana*.

Aún es necesario realizar estudios experimentales que muestren directamente la influencia de la mancha alar sobre la temperatura corporal de estos insectos, por lo que sugerimos que tanto la intensidad del color, como el tamaño de la mancha podrían manipularse para conocer el papel termorregulatorio de este rasgo en estas dos especies de calopterígid.

### Agradecimientos

Se agradece al posgrado en ciencias biológicas y el apoyo PAEP otorgado. De la misma forma a CONACYT por su beca de doctorado que permitieron realizar este estudio. Agradecimientos al Dr. Martín Serrano Meneses quien colaboró en el análisis de los datos.

### Literatura Citada

Álvarez, H., M. Serrano-Meneses, I. Reyes-Márquez, J. Jiménez-Cortés, and A. Córdoba-Aguilar. 2013. Allometry of a sexual trait in relation to diet experience and alternative mating tactics in



- two rubyspot damselflies (Calopterygidae: Hetaerina ). *Biological Journal of the Linnean Society* 108: 521–533.
- Bakken, G. S. and D. M. Gates. 1975. Heat Transfer analyses of animals; some implications for field ecology, physiology and evolution. Pp. 225-290. In: D. M. Gates y R. B. Schemerl. (Eds). *Perspective of Biophysical Ecology*. Springer. Berlin 609p.
- Birkebak, R. C. 1966. Heat transfer in biological systems. *Int. Rev. Gen. Exp. Biol.* 2: 269-344.
- Blanckenhorn, W. U., and Demont, M. 2004. Bergmann and converse bergmann latitudinal clines in arthropods: two ends of a continuum? *Integrative and Comparative Biology*, 44(6): 413–424.
- Heinrich, B. 1973. Mechanisms of insect thermoregulation. *Effects of Temperature on Ectothermic Organisms*.
- Heinrich, B and H. Esch. 1994. Thermoregulation in bees. *American Scientist* 82: 164-170.
- Hilfert-Rüppell, D., and G. Rüppell. 2013. Do coloured-winged damselflies and dragonflies have flight kinematics different from those with clear wings? *International Journal of Odonatology* 16: 119–134.
- Kingsolver, J. 1983. Thermoregulation And Flight In *Colias* Butterflies : Elevational Patterns And Mechanistic Limitat. *Ecology* 3: 534–545.
- May, M. L. 1976. Thermoregulation and Adaptation to Temperature in Dragonflies (Odonata : Anisoptera ). *Ecological Monographs*. 46: 1–32.
- May, M. L. 1979. Insect Thermoregulation. *Annual Review of Entomology*. 24: 313–349.
- Outomuro, D. 2009. Patrones morfológicos latitudinales en poblaciones ibéricas de *Calopteryx* Leach, 1815 (Odonata, Calopterygidae): posibles causas ambientales y evolutivas. *Boletín de La Asociación Española de Entomología*, 1815: 299–319.
- Outomuro, D., and F. J. Ocharan. 2011. Wing pigmentation in *Calopteryx* damselflies: a role in thermoregulation? *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 36–44.
- Svensson, E. I., and J. T. Waller. 2013. Ecology and sexual selection: evolution of wing pigmentation in calopterygid damselflies in relation to latitude, sexual dimorphism, and speciation. *The American naturalist* 182: E174–95.
- Watanabe, M. 1991. Thermoregulation and habitat preference in two wing color forms of *Mnais* Damselflies (Odonata: Calopterygidae). *Zoological science*. 8: 983–989.