

## EFFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL SOBRE LAS POSTURAS DE DESCANSO DEL MONO AULLADOR (*ALOUATTA PALLIATA*)

Rael Martín Palestino-Sánchez<sup>1\*</sup>, Francisco García-Orduña<sup>2</sup>, Domingo Canales-Espinosa<sup>2</sup>,  
María Fernanda López-Flores<sup>3</sup>, Juan Francisco Rodríguez-Landa<sup>4</sup>, A. Román Sandoval-Jiménez<sup>1</sup>  
y María de Jesús Rovirosa-Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Neuroetología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91190, México.

\* < raelpalestino20@gmail.com >

<sup>2</sup>Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91190, México.

<sup>3</sup>Doctorado en Ciencias Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91190, México.

<sup>4</sup>Laboratorio de Neurofarmacología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 91190, México.

### Abstract

The effects of climate change are increasingly evident on biodiversity in general, altering the behavioral processes of organisms. Consequently, individuals must implement strategies that allow them to counteract these effects. One strategy is the use of body postures that allow mammals to maintain thermal equilibrium with respect to the environmental temperature. The objective of this study was to determine if the howler monkey (*Alouatta palliata*) uses specific body postures when resting that depend on ambient temperature. For eight months, resting behavior of monkeys was registered through focal sampling, across a range of ambient temperatures. Six different postures were observed, independent of sex, which were classified according to the proximity and position of the extremities to the body in: 1 = semi-fetal, 2 = sitting, 3 = lying, 4 = lying-back, 5 = stretched, and 6 = extended. In addition, we characterize the most common posture for each temperature range, determining that postures are significantly influenced by ambient temperature ( $rS = 0.779$ ;  $n = 21$ ;  $P < 0.001$ ). Each posture was displayed in a specific temperature range, with significant differences ( $H = 215.114$ ;  $DF = 5$ ;  $P < 0.001$ ) in the temperature recorded for the different resting positions of the monkeys. *Alouatta palliata*, like other primate species, responds to environmental stimuli through behavioral strategies, allowing them to adapt to changing habitat conditions, and to maintain a thermal and energetic equilibrium.

**Keywords:** Behavior, climate change, strategies, postures, thermoregulation.

### Resumen

Los efectos del cambio climático cada vez son más evidentes sobre la biodiversidad en general, pudiendo modificar los procesos conductuales de los organismos. En consecuencia, los individuos deben implementar estrategias que les permitan contrarrestar tales efectos. Una estrategia es el uso de posturas corporales que permiten a los mamíferos mantener un equilibrio térmico con respecto a la temperatura ambiental. El objetivo de este estudio fue determinar si el mono aullador de manto (*Alouatta palliata*), utiliza posturas corporales específicas al descansar, y si éstas dependen de la temperatura ambiental. Durante ocho meses se registró la conducta de descanso mediante muestreos focales, así como la temperatura ambiental. Se observaron independiente al sexo, seis posturas diferentes, que se clasificaron de acuerdo a la cercanía y posición de las extremidades al cuerpo en: 1 = semi-fetal, 2 = sentado, 3 = acostado, 4 = recostado, 5 = estirado y 6 = extendido. Posteriormente, se obtuvo la postura más dominante que se registró en cada rango de temperatura, determinando que el uso de ésta es significativamente influenciado por la temperatura ambiental ( $rS = 0.779$ ;  $n = 21$ ;  $P < 0.001$ ). Cada postura presentó un rango específico de temperatura, y se encontraron diferencias ( $H = 215.114$ ;  $DF = 5$ ;  $P < 0.001$ ) en la temperatura registrada para cada una durante el descanso de los monos. *Alouatta palliata*, al igual que otras especies de primates, responde a estímulos ambientales a través de estrategias conductuales, permitiéndole adaptarse a las condiciones cambiantes del hábitat y mantener un equilibrio térmico y energético.

**Palabras clave:** Conducta, cambio climático, estrategias, posturas, termorregulación.

### Introducción

El impacto del clima sobre la vida ha sido evidente a lo largo de la historia, por ejemplo, el aumento de la temperatura ambiental promedio, el cual ha sucedido principalmente por las actividades antropogénicas (IPCC,

2014). En las zonas del centro y norte de México, se ha observado que el cambio climático ha disminuido en los últimos años las horas frías o con temperaturas bajas, influyendo en el aumento de los períodos de sequías (Medina-García *et al.*, 2019). Otra consecuencia del cambio climático es el aumento de las catástrofes naturales

(p. ej., huracanes), que ponen en riesgo a la fauna silvestre (Ameca *et al.*, 2018), al ser humano y a otras especies en general.

Los mamíferos tienen la flexibilidad de regular su temperatura corporal respecto a la variación de la temperatura ambiental (Shelton y Alberts, 2018). También pueden hacer uso de otras estrategias conductuales como respuesta ante la variación de la temperatura, como la selección de sitios para descansar (Eppley *et al.*, 2017), o la inversión de un mayor tiempo destinado al consumo de agua de fuentes alternativas (Dias *et al.*, 2013). En primates, se ha relacionado el despliegue de posturas corporales específicas durante el descanso como una estrategia termorreguladora, ya que cambian de acuerdo con la variación de la temperatura ambiental (Bicca-Marques y Calegario-Marques 1988; Azevedo y Bicca-Marques 2003; Gestich *et al.* 2014; Lopes y Bicca-Marques, 2017). Estas estrategias conductuales surgen como una respuesta a las características ambientales, lo cual refleja la flexibilidad conductual que presentan las especies (Kearney *et al.*, 2009; Dausmann, 2013; Gestich *et al.* 2014; Lopes y Bicca-Marques, 2017).

*Alouatta palliata* es una de las especies más flexibles conductualmente, ya que cuando existe un deterioro del hábitat o no hay disponibilidad de los recursos necesarios, puede modificar su dieta, incluso aumentar el tiempo de exploración por recursos alimenticios (McKinney, 2019), es decir que, *A. palliata* puede modificar el tiempo que invierte en cada conducta diaria de acuerdo con la calidad del hábitat (Bicca-Marques *et al.*, 2019); pero, no se ha estudiado si dicha flexibilidad conductual también se presenta como respuesta a los estímulos ambientales como la temperatura, considerando que la temperatura ambiental puede afectar la temperatura corporal de esta especie (Thompson *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio es determinar si *A. palliata* utiliza durante el descanso, posturas corporales específicas en relación con la temperatura ambiental como estrategia termorreguladora, y si estas varían de acuerdo al sexo, postulando la hipótesis que, independiente al sexo conforme varía la temperatura ambiental, *A. palliata* va a usar posturas corporales que varían en extensión y/o proximidad de las extremidades a su cuerpo. Se predice que: (1) el sexo no determina el uso de posturas corporales, (2) a mayor temperatura ambiental utilizarán posturas corporales disipadoras de calor, es decir, con una mayor extensión y separación de sus extremidades al cuerpo, y, (3) a menor temperatura ambiental utilizarán posturas corporales para conservar calor, esto es, con una mayor proximidad de sus extremidades al cuerpo.

## Método

### Ética

El estudio usó métodos no invasivos siguiendo los protocolos de la Sociedad Internacional de Primatología,

y cumpliendo los requisitos legales de la ley mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

### Área de estudio

El trabajo se realizó en la isla Agaltepec, Catemaco, Veracruz, México, la cual se localiza entre las coordenadas 18°24'51" N, 95°05'34.6" W. La isla tiene una superficie de 8.3 ha, y el clima se divide en dos temporadas, húmeda de junio a enero y seca de febrero a mayo.

### Sujetos de estudio

De un grupo de 23 individuos, se incluyeron únicamente 7 machos adultos, 6 hembras adultas, 1 hembra sub-adulta y 3 machos sub-adultos ( $n = 17$ ); los juveniles e infantes no se consideraron dentro del estudio. Los sujetos fueron catalogados de acuerdo con Balcells y Veà (2009) para su identificación.

### Registro de temperatura ambiental

La temperatura ambiental se obtuvo en cada uno de los registros conductuales, a través de la estación climática La Flor de Catemaco, S. de R. L. de C. V. (Coyame, 18°26'15" N, 95°01'32" W). La estación se encuentra localizada a una altitud y en condiciones similares al sitio de estudio. Adicionalmente, se utilizó una estación meteorológica profesional (ACU-RITE®, Schaumburg, IL) y un hidrómetro de bolsillo (Kestrel® 3000, Global Test Supply, Wilmington, NC), con la finalidad de tener un mejor control en la toma de datos ambientales, para finalmente obtener un promedio entre las tres estaciones climáticas.

### Datos Conductuales

Se realizó un muestreo piloto durante 10 días para identificar a los sujetos de estudio, habituar a los animales a la presencia del investigador, y familiarizarse con la colecta de datos de campo mediante el muestreo *ad libitum* (Martin y Bateson, 1991). Las observaciones se realizaron por medio de muestreos animal focal de 60 min continuos (Martin y Bateson, 1991), durante los meses de octubre, noviembre de 2018, enero, febrero, marzo, abril, julio, y agosto de 2019, seis días por mes, tres días continuos por semana, con un horario de 07:00 a 15:00 h. Se realizó un total de 384 horas de trabajo de campo, de las cuales sólo 137 horas fueron de registro animal focal. El tiempo restante abarcó la búsqueda de los individuos e identificación de las posturas.

Las posturas corporales fueron clasificadas de acuerdo a la magnitud y extensión de las extremidades al cuerpo, esto es, entre más próximas estén y menos extendidas, se consideró como una postura conservadora de calor, y entre más extendidas y separadas estén al cuerpo, se consideró como una postura disipadora de calor. Se obtuvo la postura más frecuente para cada grado centígrado, es decir, la postura que más se registró a los 17°C, a los 18°C y así sucesivamente, con la finalidad de comprobar si los monos aulladores utilizan posturas

corporales específicas como estrategia termorreguladora de acuerdo con la temperatura ambiental.

#### Análisis de datos







Para determinar si existe diferencia en el uso de posturas de acuerdo al sexo, se utilizó una prueba de U de Mann-Whitney, comparando el tiempo invertido a cada postura. Después, para determinar la relación entre el uso de posturas corporales como estrategia termorreguladora, se utilizó una correlación de Spearman para determinar la relación entre la postura dominante y la temperatura ambiental. Posteriormente, para comprobar que las posturas no se presentan de forma aleatoria, por medio de la prueba de Kruskal-Wallis con comparaciones

múltiples de Dunn, se comparó la temperatura ambiental que se registró cada una de las posturas corporales. Todos los datos fueron analizados en el programa estadístico de Sigma Plot v. 10.0 °.

## Resultados

#### Descripción de las posturas

De acuerdo con los resultados, se determinaron seis diferentes posturas corporales (semi-fetal, sentado, acostado, recostado, estirado, y extendido) que utiliza *Alouatta palliata* al descansar (Fig. 1). Estas no mostraron diferencias en el uso de acuerdo al sexo (Tabla 1).

Postura	Descripción	Postura	Descripción
 1. Semi-fetal	Espalda curva, brazos y piernas próximos al cuerpo, forma de bola	 4. Recostado	Espalda semi-recta, brazos parcialmente separados y extendidos, piernas flexionadas y próximas al cuerpo
 2. Sentado	Posición de sentado, espalda vertical y semi-recta, brazos parcialmente separados del cuerpo, piernas flexionadas	 5. Estirado	Espalda recta, brazos parcialmente separados y extendidos, piernas suspendidas, extendidas y separadas del cuerpo
 3. Acostado	Espalda horizontal semi-recta, brazos y piernas flexionadas y próximas al cuerpo	 6. Extendido	Espalda recta, brazos y piernas suspendidas, extendidas, y separadas del cuerpo

**Figura 1.** Posturas corporales utilizadas por *Alouatta palliata* durante el descanso: 1) Semi-fetal; 2) Sentado; 3) Acostado; 4) Recostado; 5) Estirado; 6) Extendido.

**Tabla 1.** Comparación del uso de posturas corporales durante el descanso de acuerdo al sexo.

Comparación	Postura	U	P
H vs M	Semi-fetal	330.000	> 0.932
H vs M	Sentado	11334.500	> 0.592
H vs M	Acostado	1417.500	> 0.252
H vs M	Recostado	847.500	> 0.104
H vs M	Estirado	255.000	> 0.255
H vs M	Extendido	44.500	> 0.134

H=hembra; M=macho

#### Uso de las posturas corporales

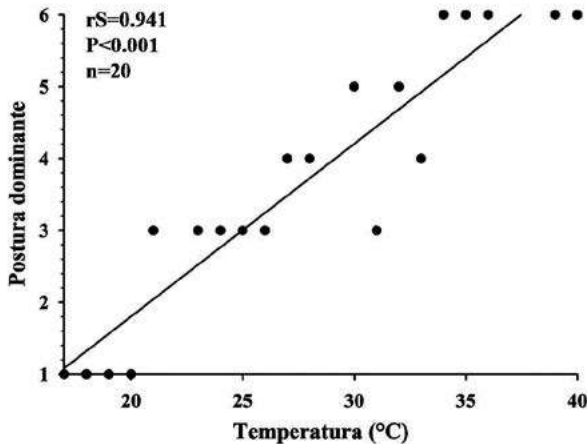
Se observó que cada postura utilizada durante el descanso estuvo asociada a un rango particular de temperatura ambiental (Tabla 2). Las posturas conservadoras de calor donde el individuo se encuentra más compactado y con las extremidades próximas al cuerpo (semi-fetal, acostado, y recostado) se presentan en una temperatura promedio menor a 29.5°C. Mientras que, las posturas disipadoras de calor, donde el individuo está extendido y con las extremidades más separadas del cuerpo (tendido y extendido) se presentan en una temperatura promedio mayor a 31°C. Por otro lado, la postura de sentado se presentó en casi todos los rangos de temperatura

ambiental de 17.6°C hasta los 37.4°C, la cual también se utiliza en otros comportamientos y no es exclusiva como estrategia térmica, por lo que no se consideró dentro de los siguientes análisis.

**Tabla 2.** Rango de temperatura en la que se presenta cada postura corporal registrada durante el descanso.

Rango de temperatura ambiente (°C)					
Postura	Frecuencia	Mínima	Máxima	Promedio	Clasificación
Semi-fetal	50	17.4	28.5	21.2	Conservadora
Sentado	299	17.6	37.4	26.4	Neutra
Acostado	115	18.4	33.2	27.5	Conservadora
Recostado	91	22.1	36.7	29.5	Disipadora
Estirado	51	27.1	38.5	31.1	Disipadora
Extendido	24	29.1	40.2	35.9	Disipadora

Al analizar la correlación entre la postura con mayor frecuencia en cada uno de los rango de temperatura, se observó que ésta fue positiva ( $r_s = 0.941$ ;  $n = 20$ ;  $P < 0.001$ ). Conforme aumentaba la temperatura ambiental los individuos utilizaron en mayor medida posturas con las extremidades más separadas del cuerpo (Fig. 2).

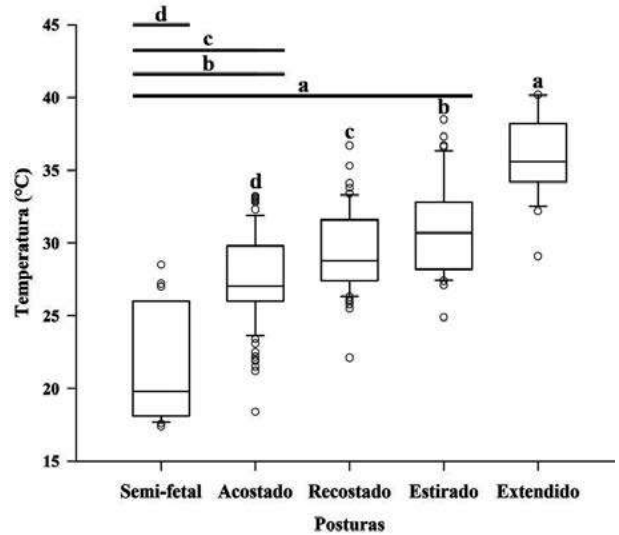


**Figura 2.** Correlación entre la postura corporal dominante y temperatura ambiental ( $r_s = 0.941$ ;  $n = 20$ ;  $P < 0.001$ ). Postura corporal: 1 = semi-fetal; 2 = sentado (no incluida en el análisis); 3 = acostado; 4 = recostado; 5 = estirado; 6 = extendido.

Al comparar la temperatura ambiental registrada en cada postura cuando los monos aulladores se encontraban descansando, se encontraron diferencias significativas ( $H = 177,422$ ;  $DF = 4$ ;  $P < 0.001$ ); todas las posturas mostraron diferencias entre sí ( $P < 0.05$ ) en cuanto a la temperatura a la que se registraron (Fig. 3).

**Discusión**

Este estudio identificó que los individuos de *Alouatta palliata* independientemente del sexo, despliegan seis diferentes posturas durante sus periodos de descanso asociadas con la temperatura ambiental. Este hallazgo coincide con lo reportado para individuos de *Alouatta caraya*



**Figura 3.** Comparación de la temperatura registrada para cada postura corporal. Barras horizontales indican la mediana, las cajas muestran el rango intercuartil y los bigotes representan el rango de temperatura en grados centígrados invertido a cada postura. (Kruskal-Wallis test  $H = 177,422$ ;  $DF = 4$ ;  $P < 0.001$ ). a  $P < 0.05$ ; b  $P < 0.05$ ; c  $P < 0.05$ ; d  $P < 0.05$ , comparaciones múltiples, prueba de Dunn.

(Bicca-Marques y Calegario-Marques, 1998), *Ateles chamek* (Azevedo y Bicca-Marques, 2003), *Callicebus nigrifrons* (Gestich et al., 2014) y *Callicebus bernhardi* (Lopes y Bicca-Marques, 2017). Los resultados sugieren que el uso de esas posturas pudiera ser una estrategia conductual de los primates con hábitos arborícolas, como una forma de mantener un equilibrio térmico relacionado con la temperatura ambiental.

Los monos aulladores, a pesar de que viven en hábitats tropicales, presentan sensibilidad ante los cambios de la temperatura ambiental (Thompson et al., 2014), lo que explica el uso de diversas posturas corporales durante el descanso. Se encontró que la postura semi-fetal, fue registrada exclusivamente en un rango de temperatura de 17.4 a 28.5°C; el uso de esta postura puede deberse a que una mayor proximidad de las extremidades y compactación del cuerpo genera una menor pérdida de calor en los individuos ante condiciones ambientales específicas (Bicca-Marques y Calegario-Marques, 1998), lo cual también se relaciona con la postura de acostado, donde también los individuos mantienen sus extremidades próximas al cuerpo, evitando la pérdida de calor. Por otro lado, la postura de extendido se considera como un mecanismo para disipar el calor (Lopes y Bicca-Marques, 2017), lo cual es consistente con los resultados del presente estudio considerando que esta postura se presentó exclusivamente en un rango de temperatura de 29.1 a 40.2°C; por otra parte, posturas como la de recostado y estirado, también se observaron con mayor frecuencia conforme aumentó la temperatura ambiental, estas posturas presentan un grado de separación y extensión de las extremidades al cuerpo, lo cual se relaciona como una estrategia disipadora de calor.

Adicionalmente, se observó que la postura de sentado se presentó en la mayoría de las temperaturas registradas; esto se debe a que dicha postura se ha relacionado más con aspectos de búsqueda y selección de recursos importantes, o con el monitoreo del espacio, y no como una conducta propia dentro del descanso o como estrategia térmica (Gebo, 1992; Youlatos y Guillot, 2015). Sin embargo, en el presente estudio se consideró como parte del descanso, lo cual explica su alta aleatoriedad. A pesar de ello, no juega un papel importante como estrategia termorreguladora.

Los individuos suelen utilizar espacios específicos con la finalidad de lograr un equilibrio térmico entre el cuerpo y el ambiente (Porter y Gates, 1969; Lopes y Bicca-Marques, 2017), lo cual puede tener efectos benéficos mediante el ahorro energético para mantener en un estado óptimo las funciones del organismo (Terrien *et al.*, 2011; Gestich *et al.*, 2014). El uso de posturas específicas durante el descanso también favorece y se relaciona con el ahorro energético para mantener dicho estado óptimo o térmico.

*Alouatta palliata* es considerado un organismo altamente flexible, que puede adaptarse y sobrevivir en hábitats con diferentes calidades de recursos (McKinney, 2019; Bicca-Marques *et al.*, 2019). Posiblemente, esta flexibilidad también surge como un mecanismo para adaptarse a los cambios de la temperatura ambiental, desplegando posturas corporales que les permite responder y mantener su equilibrio térmico. Así, podemos concluir que esta especie al igual que otras con hábitos arborícolas, responde a las variaciones climáticas por medio de estrategias conductuales, ayudándoles a adaptarse a los hábitats donde las condiciones ambientales varían a lo largo del tiempo. Los resultados muestran la importancia de incluir los parámetros ambientales dentro de los estudios conductuales, ya que pueden llegar a impactar en el tiempo y la frecuencia de conductas específicas de los organismos.

## Agradecimientos

Agradecemos al Instituto de Neuroetología y Universidad Veracruzana, por brindar las instalaciones para realizar la presente investigación, a CONACYT, por la beca otorgada para estudios de posgrado (RM9PS-713493), al proyecto UV (MJRH-17433201900), y a la estación climática La Flor de Catemaco, S. de R. L. de C. V.

## Referencias

- Ameca, E. I., Mace, G. M., Cowlshaw, G. y Pettoelli, N. 2018. Relative vulnerability to hurricane disturbance for endangered mammals in Mexico: a call for adaptation strategies under uncertainty. *Anim. Conserv.* 22: 262-273.
- Balcells, D. C. y Veà, B. J. J. 2009. Developmental stages in the Howler monkey, subspecies *Alouatta palliata mexicana*: a new classification using age-sex categories. *Neotrop. Primates*. 16(1): 1-8.
- Bicca-Marques, J. C. y Calegario-Marques, C. 1998. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic Neotropical primate, the Black-and-Gold Howling monkey (*Alouatta caraya*). *Am. J. Phys. Anthropol.* 106: 533-546.
- Bicca-Marques, J. C., Chaves, O. M., y Pacheco Hass, G. 2019. Howler monkey tolerance to habitat shrinking: lifetime warranty or death sentence? *Am. J. Primatol.* 82: 1-9.
- Azevedo, B. R. y Bicca-Marques, J. C. 2003. Termorregulação comportamental em macacos-aranha, *Ateles chamek* (Primates, Atelidae), em cativeiro. *Biociências* 11(2): 159-166.
- Dausmann, K. H. 2013. Flexible patterns in energy savings: heterothermy in Primates. *J. Zool.* 292: 101-111.
- Dias, P. A. D., Rangel-Negrín, A., Coyohua-Fuentes, A. y Canales-Espinosa, D. 2013. Factors affecting the drinking behavior of Black Howler monkeys (*Alouatta pigra*). *Primates*, 5(1): 1-5.
- Eppley, T., Watzek, J., Dausmann, K. y Ganzhorn, J. 2017. Huddling is more important than rest site selection for thermoregulation in southern Bamboo Lemurs. *Anim. Behav.* 127: 153-161.
- Gebo, D. L. 1992. Locomotor and postural behavior in *Alouatta palliata* and *Cebus capucinus*. *Am. J. Primatol.* 26(4): 277-290.
- Gestich, C. C., Caselli, C. B. y Setz, E. F. 2014. Behavioral thermoregulation in a small Neotropical primate. *Ethology*. 120: 331-339.
- IPCC. 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: synthesis report. In: *Contribution of working groups i, ii and iii to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Pachauri K. R. and Meyer L. A. (eds.), pp.35-73. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Kearney, M., Shine, R. y Porter, P. W. 2009. The potential for behavioral thermoregulation to buffer "cold-blooded" animal against climate warming. *PNAS*. 106(10): 3835-3840.
- Lopes, K. G. D. y Bicca-Marques, C. J. 2017. Ambient temperature and humidity modulate the behavioral thermoregulation of a small arboreal mammal (*Callicebus bernhardi*). *J. Therm. Biol.* 69: 104-109.
- Martin, P. y Bateson, P. 1991. *La medición del comportamiento*. Alianza Editorial S. A., Madrid, España.
- McKinney, T. 2019. Ecological and behavioural flexibility of Mantled howlers (*Alouatta palliata*) in response to anthropogenic habitat disturbance. *Folia Primatol.* 90:456-469.
- Medina-García, G., Grageda-Grageda, J., Ruiz-Corral, J. A., Casas-Flores, J. I., Rodríguez-Moreno, V. M. y Mora-Orozco, C. 2019. Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Rev. Mexicana Cienc. Agric.* 10(6): 1325-1337.
- Porter, W.P. y Gates, D. M. 1969: Thermodynamic equilibria of animals with environment. *Ecol. Monogr.* 39: 227-244.

- Shelton, D. S. y Alberts, J. R. (2018). Development of behavioral responses to thermal challenges. *Dev. Psychobiol.* 60: 5-14.
- Terrien, J., Perret, M., y Aujard, F. 2011. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Front. Biosci.* 16(4): 1428-1444.
- Thompson, C. L., Williams, S.H., Glander, K. E., Teaford, M. F. y Vinyard, C. J. 2014. Body temperature and thermal environment in a generalized arboreal anthropoid, wild Mantled Howling monkeys (*Alouatta palliata*). *Am. J. Phys. Anthropol.* 154(1): 1-10.
- Youlatos, D. y Guillot, D. 2015. Chapter 8: Howler monkey positional behavior. In: *Howler monkeys: Examining the Evolution Physiology, Behavior, Ecology and Conservation*, Kowalewski, M. M., Garber, P. A., Cortés-Ortiz, L., Urbani, B. y Youlatos, D. (eds.), pp.191-218. Springer, New York.