

Termorregulación de adultos de *Bufo arenarum* (Hensel, 1867) (Anura: Bufonidae) en diferentes microhábitats de los humedales de Zonda, San Juan, Argentina

EDUARDO A. SANABRIA, LORENA B. QUIROGA & JUAN C. ACOSTA

Departamento de Biología e Instituto y Museo de Ciencias Naturales,
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan,
Av. España 400 (N), 5400 San Juan, Argentina
(e-mail:sanabria_ea@yahoo.com.ar)

Resumen: Se estudian las estrategias termorreguladoras de *Bufo arenarum* en tres microhábitats (“agua”, “suelo” y “vegetación”) de los humedales de Zonda. La temperatura corporal (TC) media en los tres microhábitats fue similar (“agua”: 18.9 ± 2.9 , “suelo”: 19.4 ± 2.6 , “vegetación”: 18.4 ± 3.9) lo que indica que esta especie no es termoconforme. En el microhábitat “agua” TC mostró una asociación lineal y positiva con la temperatura del sustrato ($R^2 = 0.89$, $p < 0.001$, $n = 145$) y del aire ($R^2 = 0.47$, $p < 0.001$, $n = 145$) siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p < 0.001$). En el microhábitat “vegetación”, TC se asoció lineal y positivamente con la temperatura del sustrato ($R^2 = 0.78$, $p < 0.001$, $n = 23$) y del aire ($R^2 = 0.68$, $p < 0.001$, $n = 23$) no siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p > 0.49$). También en el microhábitat “suelo” se obtuvo una asociación lineal y positiva con la temperatura del sustrato ($R^2 = 0.50$, $p < 0.001$, $n = 79$) y del aire ($R^2 = 0.57$, $p < 0.001$, $n = 79$) no siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p > 0.54$). Estos resultados indican que *Bufo arenarum* muestra una estrategia termorreguladora adaptada a los diferentes microhábitats, con capacidad para intercambiar calor pasivamente en cada uno de ellos.

Palabras clave: *Bufo arenarum*, microhábitat, San Juan, temperatura.

Abstract: Thermoregulation of adults of *Bufo arenarum* (Hensel, 1867) (Anura: Bufonidae) in different microhabitats of the Zonda wetlands, San Juan, Argentina. – We studied the thermoregulation strategies of *Bufo arenarum* in three microhabitats (“agua”, “suelo” y “vegetación”) of the Zonda wetlands. Mean body temperature (TC) was similar in the three microhabitats (“agua”: 18.9 ± 2.9 , “suelo”: 19.4 ± 2.6 , “vegetación”: 18.4 ± 3.9) suggesting that *B. arenarum* is not a thermoconformist species. In the microhabitat “agua” there was a positive and lineal association between TC and substrate temperature ($R^2 = 0.89$, $p < 0.001$, $n = 145$) and between TC and air temperature ($R^2 = 0.47$, $p < 0.001$, $n = 145$), the correlation coefficients being significantly different ($p < 0.001$). In the microhabitat “vegetación” TC showed a positive and lineal association with substrate temperature ($R^2 = 0.78$, $p < 0.001$, $n = 23$) and air temperature ($R^2 = 0.68$, $p < 0.001$, $n = 23$) but the correlation coefficients did not differ significantly ($p > 0.49$). In the microhabitat “suelo” we also found a lineal and positive relationship of TC with substrate temperature ($R^2 = 0.50$, $p < 0.001$, $n = 79$) and air temperature ($R^2 = 0.57$, $p < 0.001$, $n = 79$) with no statistically significant differences between the correlation coefficients ($p > 0.54$). These results indicate that *B. arenarum* has a thermoregulatory strategy adapted to the different microhabitats and has the ability to passively exchange heat with the environment.

Key words: *Bufo arenarum*, microhabitat, San Juan, temperature.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios generalmente obtienen la energía para aumentar la temperatura del cuerpo del ambiente y de los cuerpos externos, regulando la absorción de la misma (heliotermia o tigmotermia). La evaporación de agua a través de la piel les ayuda a disminuir su temperatura corporal (SINSCH, 1989).

Los patrones de coloración de la piel pueden intervenir en el intercambio de calor con el medio, absorbiendo y reflejando la luz solar, manteniendo así el balance térmico requerido (ZUG *et al.*, 2001). En *Rana temporaria* se han descrito diferencias en las tasas de calentamiento de individuos con patrones de coloración dorsal diferentes (VENCES *et al.*, 2002).

No hay pruebas de mecanismos de producción de calor en el interior de los anfibios que permita elevar su temperatura corporal sobre la del ambiente. Cualquier calor metabólico producido es tan pequeño que se pierde inmediatamente en el ambiente. Así pues, la termorregulación en los anfibios es conductual (BRATTSTROM, 1963).

Dado que el recurso energético varía de forma continua en el medio tanto en calidad como en cantidad, el beneficio de mantener la temperatura óptima está limitado por los costos metabólicos para hacerlo (LILLYWHITE *et al.*, 1973). Muchos anfibios seleccionan los microhábitats más adecuados durante el día y la noche, para mantener su rango óptimo de temperatura (ZUG *et al.*, 2001).

Los anuros de zonas altas aumentan su temperatura corporal por heliotermia, pero este mecanismo está afectado por el limitado control de su evapotranspiración. En ecosistemas de Puna se demostró que los adultos de *Bufo spinulosus* se calentaban durante algunas horas por la mañana y minimizaban la evapotranspiración frecuen-

tando lugares húmedos y sombreados por la tarde (LAMBRINOS & KLEIER, 2003). En *Rana catesbeiana*, se ha observado que ha medida que avanza la noche los individuos se desplazan desde las orillas hacia el centro de la charca, donde las aguas son más profundas y se mantienen más cálidas (LILLYWHITE, 1970). En *Bufo boreas* los adultos son acuáticos durante la época de reproducción, pero raramente se los observa fuera de la vegetación durante el día (LILLYWHITE *et al.*, 1973).

Bufo arenarum es un habitante de todos los humedales de San Juan, posee amplia distribución desde el norte de la provincia de Jujuy hasta el río Chubut, donde su ecología es poco conocida a pesar de ser muy común (CEI, 1980; GALLARDO, 1987). Su temperatura corporal se asoció con la temperatura del sustrato más que con la temperatura del aire, mostrando los individuos recién metamorfoseados una temperatura corporal más elevada que los adultos. La población muestra una temperatura corporal media de 22.8°C (SANABRIA *et al.*, 2003a), relacionándose con variables ambientales tales como temperatura media, viento y número de horas de sol (SANABRIA *et al.*, 2003b).

Los objetivos del estudio son poner de manifiesto la variación de la temperatura corporal de los adultos de *Bufo arenarum* durante su período de actividad estacional en los diferentes microhábitats, así como las asociaciones existentes entre su temperatura corporal y la del sustrato y el aire en cada uno de ellos y las posibles diferencias entre estas asociaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica a 25 km al oeste de la ciudad de San Juan, en el departamento Zonda (31° 55' S, 68° 70' W), y cubre una superficie aproximada de 150 000 m². Se trata

de humedales temporales alimentados por el nivel de las aguas subterráneas que provienen del dique de Ullum, que se encuentra contiguo a éstos. Durante el invierno se reducen a dos pequeños espejos de agua debido a que el acuífero libre que forman estos humedales aporta sus aguas al dique de Ullum al disminuir su cota y ser menor que la de los propios humedales. En verano aumentan considerablemente su tamaño transformándose en una zona de revenida que inunda una gran superficie, al llenarse el dique de agua de deshielo, aumentar su cota y alimentando el acuífero libre de los bañados elevando su nivel (VICTORIA, 1999).

La zona pertenece a la provincia fitogeográfica del Monte (CABRERA, 1994), con una altitud de 800 m sobre el nivel del mar, y es una región de clima árido con una temperatura media anual de 17.3°C (rango de 10.4-25.7°C), con lluvias concentradas en verano con un promedio anual de 84 mm. Climatológicamente se integra en el grupo BWw (desierto con precipitaciones estivales) de la clasificación de Köppen. Esta variedad climática predominante en San Juan se encuentra también en otras regiones del mundo como los desiertos del Kalahari, Australiano, Sahara y Gobi, por citar los más importantes (POBLETE & MINETTI, 1999).

La vegetación es muy rica en especies propias de humedales, entre las que cabe citar *Cortaderia* sp. (cortadera), *Tipha domingensis* (tótor), *Malvella leprosa*, *Heliotropium* sp., *Phyla canescens* (santamaría), *Melilotus indicus* (trébol blanco), *Gnaphalium* sp., *Cyperus* sp. (junco), *Prosopis strombulifera* (retortuño), *Prosopis* sp. (algarrobo), *Atriplex* sp. (zampa) y *Larrea* sp. (jarilla) (CABRERA, 1994).

Desde diciembre de 2001 hasta abril de 2002 se realizaron transectos diurnos y nocturnos al azar, capturando individuos a los que se tomó inmediatamente su temperatura

cloacal (TC), midiendo además en cada caso la temperatura del sustrato por contacto directo del bulbo (TS) y la temperatura del aire a 3 cm de la superficie con termómetros individuales para evitar las variaciones de temperaturas debidas a la evaporación del agua (TA). Se utilizaron termómetros de lectura rápida Miller-Weber (precisión 0.1°C), registrándose para cada captura el tipo de microhábitat en relación con el sustrato: "vegetación", "agua" y "suelo", entendiéndose por tal el suelo desnudo.

Para el estudio se usaron exclusivamente, separándolos por microhábitat, los datos procedentes de las capturas de adultos de *B. arenarum*, ya que son los únicos que se encuentran presentes durante toda la época de actividad.

Se realizaron ANCOVAs entre TC, TS y TA y los diferentes microhábitats ("vegetación", "suelo" y "agua"), utilizando como covariante en todos los casos las estaciones del año. Se usaron además entre las variables térmicas por microhábitat correlaciones de Pearson y regresiones ($\alpha = 0.05$) y se aplicó el test de diferenciación de coeficientes de correlación.

RESULTADOS

Los datos de las temperaturas corporales separadas por microhábitat se muestran en la Tabla 1. La temperatura corporal no varió entre los diferentes microhábitats considerados (ANCOVA: $F_{2,243} = 1.931$, $p > 0.15$, Covariante: estaciones del año). Las temperaturas del sustrato y del aire resultaron diferentes entre microhábitats (ANCOVA: $F_{2,243} = 16.90$, $p < 0.001$ y $F_{2,243} = 17.50$, $p < 0.001$, respectivamente), siempre tomando las estaciones del año como covariante. Las asociaciones de la temperatura corporal con el sustrato ($R^2 = 0.89$, $p < 0.001$, $n = 145$) y con el aire ($R^2 = 0.47$, $p < 0.001$, $n = 145$) en

TABLA 1. Temperatura corporal de *Bufo arenarum* en los tres microhábitats estudiados.TABLE 1. Body temperature of *Bufo arenarum* in the three microhabitats used in this study.

Microhábitat	Temperatura corporal mínima y máxima	Rango	$\bar{x} \pm SD$
Agua (n = 145)	13.9-30	16.1	19.8 \pm 2.9
Vegetación (n = 23)	12-25.4	13	18.4 \pm 3.9
Suelo (n = 79)	11.8-26.8	15	19.4 \pm 2.6

el microhábitat denominado “agua” fueron lineales y positivas (Fig. 1), siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p < 0.001$). Fue mayor la asociación entre el animal y el agua como sustrato. Las asociaciones de la temperatura corporal con el sustrato ($R^2 = 0.78$, $p < 0.001$, $n = 23$) y aire ($R^2 = 0.68$, $p < 0.001$, $n = 23$) en el microhábitat denominado “vegetación” fue lineal y positiva (Fig. 2), no siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p > 0.49$). Las asociaciones de la temperatura corporal con el sustrato ($R^2 = 0.50$, $p < 0.001$, $n = 79$) y aire ($R^2 = 0.57$, $p < 0.001$, $n = 79$) del microhábitat denominado “suelo” (Fig. 3) también fue lineal y positiva, no siendo sus coeficientes de correlación significativamente diferentes ($p > 0.54$).

DISCUSIÓN

Bufo arenarum mantiene en los diferentes microhábitats aproximadamente la misma temperatura corporal media. Los resultados del ANCOVA realizado entre la temperatura corporal y los diferentes microhábitats, al no acusar diferencias significativas, nos permite inferir su clara estrategia termorreguladora. Mas aún considerando que los ANCOVAs entre las temperaturas del aire y sustrato entre microhábitats tomando como covariante las estaciones, fueron altamente significativos. Los microhábitats ofrecen diferentes temperaturas, sin embargo los individuos mantienen su temperatura casi constante. Se puede inferir que estos individuos se desplazan por los diferentes microhábitats

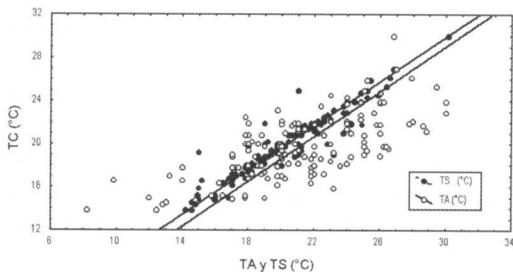


FIGURA 1. Comparación de la temperatura corporal con la temperatura del sustrato (puntos sólidos) y la temperatura del aire (puntos vacíos) en el microhábitat “agua”.

FIGURE 1. Body temperature vs. substrate (solid points) and air (empty points) temperature in the microhabitat “agua”.

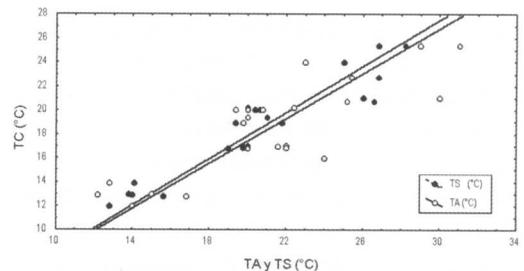


FIGURA 2. Comparación de la temperatura corporal con la temperatura del sustrato (puntos sólidos) y la temperatura del aire (puntos vacíos) en el microhábitat “vegetación”.

FIGURE 2. Body temperature vs. substrate (solid points) and air (empty points) temperature in the microhabitat “vegetación”.

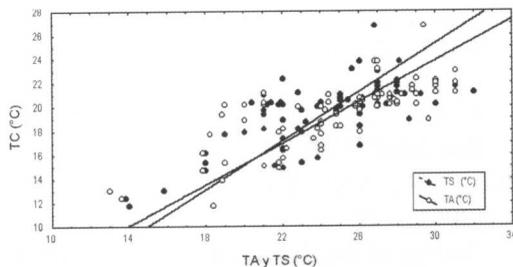


FIGURA 3. Comparación de la temperatura corporal con la temperatura del sustrato (puntos sólidos) y la temperatura del aire (puntos vacíos) en el microhábitat "suelo".

FIGURE 3. Body temperature vs. substrate (solid points) and air (empty points) temperature in the microhabitat "suelo".

manteniendo así un rango de temperatura óptimo (ZUG *et al.*, 2001).

Al variar en las diferentes horas del día la calidad y cantidad de recurso energético (LILLYWHITE *et al.*, 1973) puede llevarse a cabo una selección del microhábitat adecuado para que su balance térmico les permita completar sus actividades metabólicas diarias. Puede inferirse que *Bufo arenarum* muestra un comportamiento similar al descrito en *B. spinulosus* por LAMBRINOS & KLEIER (2003) en relación a la búsqueda de lugares húmedos y sombreados para evitar la evaporación y por ende el enfriamiento tras el asoleamiento inicial.

Las regresiones positivas y lineales entre las variables térmicas en los diferentes microhábitats indican que los individuos presentan cierta termoconformidad en ellos. En cada microhábitat seleccionado intercambian calor en forma pasiva, sobre todo en "agua" donde la asociación entre las variables es máxima.

En síntesis, *Bufo arenarum* adecua su temperatura corporal para mantener un rango térmico apropiado, cambiando tanto de microhábitat como de comportamiento termorregulador en cada uno de ellos.

REFERENCIAS

BRATTSTROM, B.H. (1963): Preliminary revision of the thermal requirements of the amphibians. *Ecology*, 44: 238-255.

CABRERA, A.L. (1994): *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Regiones Fitogeográficas Argentinas*. ACME S.A.C.I. Buenos Aires, Argentina.

CEI, J.M. (1980): Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano (Nuova Serie), Monografia*, 2: 1-609.

GALLARDO, J.M. (1987): *Anfibios de Argentina, Guía para su Identificación*. Biblioteca Mosaico. Buenos Aires, Argentina.

LAMBRINOS, J.G. & KLEIER, C.C. (2003): Thermoregulation of juvenile Andean toads (*Bufo spinulosus* at 4300 m). *Journal of Thermal Biology*, 28: 15-19.

LILLYWHITE, B.H. (1970): Behavioral temperature regulation in the bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Copeia*, 1: 158-168.

LILLYWHITE, B.H., LICHT, P. & CHELGREN, P. (1973): The role of behavioral thermoregulation in the growth energetics of the toad, *Bufo boreas*. *Ecology*, 54: 375-383.

POBLETE, G.A. & MINETTI, J.L. (1999): Configuración espacial del clima de San Juan. Síntesis del Cuaternario de la provincia de San Juan. *Boletín INGEO Universidad Nacional de San Juan*, 1: 1-15.

SANABRIA, E.A., QUIROGA, L.B. & ACOSTA, J.C. (2003a): Ecología térmica de una población de *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae) en un humedal del centro-oeste de Argentina. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 11: 33-41.

SANABRIA, E.A., QUIROGA, L.B. & ACOSTA, J.C. (2003b): Relación entre la temperatura corporal de adultos de *Bufo*

- arenarum* (Anura:Bufonidae) y variables ambientales en un humedal de San Juan, Argentina. *Multequina*, 12: 49-53.
- SINSCH, U. (1989): Behavioural thermoregulation of the Andean toad (*Bufo spinulosus*) at high altitudes. *Oecologia*, 80: 32-38.
- VENCES, M., GALÁN, P., VIEITES, D.R., PUENTE, M., OETTER, K. & WANKE, S. (2002): Field body temperatures and heating rates in a montane frog population: the importance of black dorsal pattern for thermoregulation. *Annales Zoologici Fennici*, 39: 209-220.
- VICTORIA, J.A. (1999): Simulación matemática del sistema embalse de Ullumcuenca de agua subterránea. *Boletín del Instituto Nacional del Agua y el Ambiente, San Juan*, 1: 15.
- ZUG, G.R., VITT, L.G. & CALDWELL, J.P. (2001): *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians & Reptiles*, 2nd ed. Academic Press, San Diego.

ms # 185

Recibido: 24/02/04

Aceptado: 01/02/06