

*Biología térmica de la lagartija balear,
Podarcis lilfordi (Günther, 1874)
en dos poblaciones de Menorca*

Valentín Pérez-Mellado, Teresa Alonso Fernández, Mario Garrido Escudero,
Carmen Guerra Rodríguez, Zaida Ortega Diago y Alejandro Villa García

RESUMEN

Se ha estudiado la biología térmica de la lagartija balear, *Podarcis lilfordi*, en dos poblaciones de Menorca, los islotes de Aire y Colom. Las lagartijas activas mantienen en primavera temperaturas corporales alrededor de 32 a 33°C, que se elevan a más de 35°C durante el verano. En la isla del Aire durante la primavera buena parte de la actividad se desarrolla con temperaturas corporales subóptimas, al contrario de lo que sucede en la isla de Colom. El estudio de las temperaturas corporales de individuos activos y su comparación con las temperaturas operativas en ambas poblaciones y las temperaturas preferidas en gradiente térmico indican que la lagartija balear es una eficaz termorreguladora en ambos islotes, tanto en primavera como en verano. La calidad térmica de la isla de Colom es superior en primavera e inferior a la del Aire en verano. La eficacia termorreguladora es significativamente superior en Colom durante la primavera, mientras que la situación se invierte en el verano, con una mayor eficacia en las lagartijas de la isla del Aire. Se discute el papel del viento en el balance térmico de las lagartijas en ambos islotes.

Las espatas abiertas de la rapa mosquera, *Dracunculus muscivorus*, se emplean también como un sustrato de termorregulación habitual durante la primavera en la isla del Aire. Aunque en promedio las espatas poseen una cali-

dad térmica inferior a otros sustratos, las lagartijas seleccionan activamente las espatas más calientes, adquiriendo en las mismas temperaturas corporales superiores a las observadas en otros sustratos.

Palabras clave: *Podarcis lilfordi*, Lacertidae, Termorregulación, Menorca, Baleares

ABSTRACT

The thermal biology of the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi* was studied in two insular populations of Menorca (Balearic Islands, Spain), Aire and Colom islets. Active lizards showed body temperatures around 32 to 33°C during spring and above 35°C during summer. In Aire islet, during spring, most of the activity was performed under suboptimal body temperatures, while the opposite situation was observed in Colom islet. The study of body temperatures in active lizards and the comparison with operative temperatures and the range of selected temperature range showed that the Balearic lizard is an efficient thermoregulator at both populations and during both seasons under study. The thermal quality of Colom islet is higher during spring and lower during summer than the thermal quality of Aire islet. During spring, the effectiveness of temperature regulation is significantly higher in Colom islet, while during summer the situation is reverted, with a higher effectiveness in Aire islet. The role of wind in the thermal balance of lizards at both islets was discussed.

In Aire islet, during spring, the open spathes of the arum lily, *Dracunculus muscivorus*, were also employed as an usual thermoregulation perch. Even if the majority of the spathes had a lower thermal quality than other substrates, lizards actively selected warmer spathes, reaching higher body temperatures than on other substrates.

Key words: *Podarcis lilfordi*, Lacertidae, thermoregulation, Menorca, Balearic Islands.

INTRODUCCIÓN

La habilidad de un ectotermo para explotar los recursos ambientales disponibles pasa por un control efectivo de su temperatura corporal (Cowles & Bogert 1944). En este trabajo resumimos los resultados más relevantes del estudio

sobre los patrones de termorregulación de la lagartija balear en dos pequeños islotes costeros de Menorca y en dos estaciones, la primavera (marzo, abril y mayo) y el verano (julio) de 2006. Nuestro objetivo era establecer de qué modo consiguen termorregularse las lagartijas en dos períodos tan diferentes y en condiciones ecológicas dispares, como las observadas en las islas de Aire y Colom. Además, trataremos de establecer si existen diferencias en los rasgos de la biología térmica de dos poblaciones que difieren en que una exhibe un patrón de coloración con tonos pardos y verdosos (Colom), habituales en la lagartija balear, mientras que la otra es por completo melánica (Aire). Por último, analizaremos el papel de una planta termogénica, la rapa mosquera, *Dracunculus muscivorus*, en la biología térmica de la lagartija balear.

Para abordar tales objetivos hemos empleado la metodología y el marco conceptual propuestos por Hertz *et al.* (1993). Se trata de la comparación de tres tipos de información. Por un lado, las temperaturas corporales adquiridas por los individuos activos en su medio natural (T_c). Por otro, el rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de las actividades diarias y el correcto funcionamiento metabólico. Este rango se obtiene mediante el estudio de las temperaturas corporales libremente seleccionadas en un gradiente térmico y se conoce como rango de temperaturas corporales seleccionadas o T_{sel} y, por fin, las temperaturas que potencialmente alcanzarían las lagartijas en dicho medio si no se termorregularan; es lo que se denomina temperatura operativa o T_e . Las temperaturas operativas son las que adquiere un objeto inanimado de capacidad calórica cero del mismo tamaño, forma y propiedades radiantes que los animales investigados, sometido dicho objeto a idénticas condiciones microclimáticas (Bakken & Gates 1975; Shine & Kearney 2001).

El protocolo de Hertz *et al.* (1993) es particularmente útil para ectotermos de pequeño tamaño como la lagartija balear, cuya masa corporal no sobrepasa los 20 gramos. Christian *et al.* (2006) han desarrollado recientemente otro modelo nulo de temperaturas corporales potenciales que parece especialmente recomendable en ectotermos de tamaño corporal superior al de pequeñas lagartijas, en el cual la inercia térmica tiene una importancia relevante. El modelo de Hertz *et al.* (1993) parte de la base de que la temperatura operativa es la de un animal con una determinada superficie expuesta a diversas formas de radiación calórica y de intercambio por convección y conducción. Esta T_e es, por definición, un índice que no tiene en cuenta la masa corporal, esto es, un

índice que expresa la interacción de un animal de un tamaño corporal, forma y postura determinados respecto a un ambiente térmico dado. Se asume en todo momento que dicho animal no posee una masa corporal significativa en términos de termorregulación. El modelo es, pues, apropiado para estudios de pequeños ectotermos, pero podría no ser adecuado para reptiles de tamaño corporal superior (Christian *et al.* 2006). Se espera, teóricamente, que las lagartijas con capacidad termorreguladora mantendrán sus temperaturas corporales (T_c) dentro del rango de temperaturas seleccionadas (T_{sel}) en gradiente térmico. Además, en un pequeño ectotermo como la lagartija balear, las T_c experimentadas por los individuos se acercarán a los promedios de las T_c de la variedad de hábitats disponibles en su entorno y no a las T_c existentes en un microhábitat determinado (van Berkum *et al.* 1986).

La lagartija balear exhibe en la isla del Aire una intensa interacción con una peculiar planta vascular, la rapa mosquera, *Dracunculus muscivorus*, que ha dado lugar a la estrecha dependencia de la planta respecto a la lagartija, que actúa como su principal dispersor de semillas (Pérez-Mellado *et al.* 2006 y 2007). La interacción de ambos organismos no se circunscribe al período de fructificación de la planta, ya que durante la floración la lagartija aprovecha el síndrome de polinización de esta arácea, capturando las moscas que llegan atraídas por el olor de la planta y empleando, aparentemente, las espatas abiertas como sustrato de termorregulación. En anteriores trabajos, se han explorado los detalles de la interacción en cuanto a la dispersión de semillas y su repercusión sobre la densidad de plantas en la isla del Aire (Pérez-Mellado *et al.* 2006 y 2007) y la distribución espacial de las lagartijas (Pérez-Mellado *et al.* este volumen). En este estudio abordamos el papel de la rapa mosquera en la biología térmica de la lagartija balear y su influencia sobre los patrones de actividad. Algunos aspectos adicionales y el resultado de los análisis estadísticos pormenorizados serán el objeto de una publicación posterior (Ortega *et al.* remitido).

MATERIAL Y MÉTODOS

Áreas de estudio

El trabajo de campo se ha desarrollado en dos islotes costeros de Menorca, Aire y Colom. La isla del Aire se encuentra en el extremo sureste de Menorca.

La superficie es de unas 35 hectáreas, aunque la ocupada por las lagartijas baleares es notablemente menor. El clima es típicamente mediterráneo, con una temperatura media anual de 16,7 °C y una precipitación media anual de 625 mm. Una característica importante es la presencia de fuertes vientos, con mayor intensidad que en Menorca, especialmente el de tramontana, además de los vientos del sur, sobre todo de abril a junio. En la mitad occidental de la isla, donde el sustrato rocoso es mayoritario, la planta dominante es el hinojo marino, *Crithmum maritimum*. En el lado oriental hay una importante cobertura de *Suaeda vera* en el sur, y sobre todo de *Carlina corymbosa*, además de algunos pies de lentisco, *Pistacia lentiscus*, en el norte. En los ambientes más afectados por la influencia marina, es donde se observan mayoritariamente las especies más halófilas como *Crithmum maritimum* o *Limonium spp.* Si nos alejamos un poco más de la costa, encontramos comunidades halonitrófilas con *Suaeda vera* como especie dominante, típica de suelos salinos. En la zona cercana al muelle, existe una población introducida de tamarindos, *Tamarix africana*.

Colom, es un islote de unas 59 hectáreas, separado unos 200 metros de la costa nordeste de Menorca. En la actualidad, forma parte del Parque Natural de s'Albufera des Grau. Al igual que en la isla del Aire, las temperaturas y precipitaciones son típicas de la isla principal, y por tanto del clima mediterráneo. En cuanto a la vegetación, está formada por grandes formaciones arbustivas, incluso con algunos bosquetes de pinos. El endemismo más destacado es *Daphne rodriguezii*, taxon paleoendémico, relativamente abundante en el islote. Es importante la presencia de depredadores o competidores potenciales de la lagartija balear, inexistentes en la isla del Aire, como las ratas, *Rattus rattus*, con una extraordinaria abundancia (Pérez-Mellado 1989; Pérez-Mellado *et al.* 2003) o la culebra de escalera, *Rhinechis scalaris* (Esteban *et al.*, 1994). Tampoco se debe olvidar que la prolongada presencia humana en la isla (Fernández *et al.* 1999), incluyó en ciertos momentos a gatos, perros, cabras y otros animales domésticos.

Especie en estudio

La lagartija balear, *Podarcis lilfordi* (Günther 1874), es endémica de las Islas Baleares. La subespecie en la isla del Aire es *Podarcis lilfordi lilfordi*, y la perteneciente a Colom, *Podarcis lilfordi brauni* (Pérez Mellado 1998; Pretus *et al.* 2004). *P. l. lilfordi* posee una densidad poblacional muy alta, en general

superior a los 4000 individuos por hectárea (Pérez-Mellado 1989). Tanto los machos como las hembras tienen el dorso de color negro y la zona ventral negra, azul ultramar o gris muy oscuro (Pérez-Mellado 1998). En Colom *P. l. brauni* presenta densidades elevadas. En la zona central de la isla hallamos una densidad media de unos 500 individuos por hectárea, mientras que en las zonas costeras se observan densidades mucho mayores, que superan los 1000 ej./ha (Pérez-Mellado *et al.* 2003). Las características morfológicas de *P. l. brauni*, son un tamaño corporal medio, cabeza estrecha y numerosas escamas dorsales. El diseño incluye un dorso pardo o pardo verdoso con líneas longitudinales, costados pardos reticulados de oscuro, vientre rosado o rojizo y zona gular reticulada (Pérez-Mellado 1998).

Protocolo de estudio

El protocolo de Hertz *et al.* (1993) propone estudiar, por un lado, la precisión termorreguladora de una especie, esto es, hasta qué punto es variable la T_c , así como la exactitud termorreguladora, que se definiría como el grado de aproximación de T_c de individuos activos en su medio natural a T_{sel} . Para construir un índice de exactitud termorreguladora utilizamos la media del valor absoluto de las desviaciones de T_c respecto a T_{sel} , de modo que cada desviación individual será igual a un valor de d_c (Hertz *et al.*, 1993). Si la T_c medida en campo está por encima o por debajo del rango de temperaturas preferidas en gradiente, los denominados «set points», entonces d_c será la diferencia entre T_c y el límite inferior o superior de dicho rango. Obviamente, para cada T_c medida que cayera dentro del rango de T_{sel} , $d_c = 0$. Un valor elevado de la media de d_c indica una exactitud termorreguladora reducida. Este valor puede deberse, o bien a que T_c exhibe una varianza elevada (precisión termorreguladora reducida), o bien a que la media de T_c cae claramente fuera de los límites de T_{sel} . Sin embargo, un valor bajo de la media de d_c no indica necesariamente una buena termorregulación, ya que puede suceder que sencillamente el hábitat tenga una excelente calidad térmica, de modo que la lagartija no tiene que hacer mucho esfuerzo para termorregularse. Tampoco un alto valor de la media de d_c implica necesariamente una ausencia de termorregulación efectiva ya que lo que puede suceder es que la calidad térmica del hábitat sea muy baja y el animal carezca de oportunidades para termorregularse adecuadamente (Hertz *et al.*, 1993). De este modo, si $\bar{d}_c < \bar{d}_c$, los individuos no se comportan de forma aleatoria respec-

to al medio y se están termorregulando activamente. Definimos así la eficacia termorreguladora como:

$$E = 1 - (\bar{d}_c / \bar{d}_e)$$

E variará desde 0 hasta 1. Una población de individuos no termorreguladores tendrá un valor de E próximo a 0, mientras que una población de individuos que sean excelentes termorreguladores tendrá un valor de E próximo a 1. Pueden además existir situaciones con valores de E negativos, cuando el animal evita activamente los lugares en los cuales las T_c están dentro del rango de T_{sel} , o sea, cuando se evitaran los lugares térmicamente más favorables. Como un mismo valor de E puede ser el resultado de muy diversas combinaciones de \bar{d}_c y de \bar{d}_e , hemos de examinar conjuntamente los valores de E, \bar{d}_c y \bar{d}_e en cada caso concreto, para hacernos una idea de la capacidad termorreguladora de una especie.

Datos de campo

Las lagartijas se capturaron por medio de lazos corredizos unidos a varillas de fibra de vidrio. Las capturas se llevaron a cabo durante todo el período de actividad diaria de las lagartijas. En cada captura se tomaron los siguientes datos: hora GMT, temperatura cloacal (T_c) por medio de un termómetro digital con una precisión de $\pm 0.1^\circ\text{C}$, temperatura del aire (T_a), a 1 centímetro de altura sobre el sustrato, temperatura del sustrato (T_s), temperatura superficial de la espata de *D. muscivorus* sobre la cual se hallaba la lagartija y temperaturas superficiales de un total de cuatro espatas abiertas, las más cercanas disponibles, a la espata de captura, como medida aleatoria de la disponibilidad térmica en espatas abiertas. Además, se obtuvieron los siguientes datos: sexo del individuo, edad (adulto o juvenil), longitud cabeza-cuerpo (LCC), longitud de la cola y peso en gramos, sustrato sobre el que se hallaba en el momento de la captura (roca, tierra, herbáceo u otros), situación de insolación en el momento de la captura: al sol total (ST), en zona de sol filtrado por la vegetación (SF) o en zona de sombra (SR), altura sobre el suelo y conducta en el momento de la captura: parado en helioterminia al sol (HEL), activo moviéndose en conducta de búsqueda del alimento u otro tipo de actividad (ACT) y parado a la sombra (PAR).

Temperaturas operativas

Se emplearon modelos huecos de cobre con las dimensiones y forma de un adulto medio de *Podarcis lilfordi*. Todos los modelos están pintados de negro mate, aunque la coloración del modelo apenas tiene influencia sobre el balance térmico del mismo (Shine & Kearney 2001). Las temperaturas operativas se midieron en campo, simultáneamente a la toma de datos de temperaturas corporales. Las pruebas de los modelos en comparación con individuos vivos de movimientos restringidos se hicieron en 1989 y 1995 y demostraron que los modelos alcanzaban de forma más rápida las temperaturas de equilibrio que las lagartijas vivas (ver también Hertz, 1992 y Hertz *et al.* 1993). Su idoneidad como termómetros de temperaturas operativas ha sido probada de forma reiterada en estudios anteriores (Vitt *et al.* 2005; Pérez-Mellado, datos inéditos). El registro de temperaturas operativas a partir de los modelos de cobre se llevó a cabo insertando una sonda que se conectó a un registrador automático o «*data logger*» HOBO® H8 de Onset Computer Corporation. El H8 se programó para registrar una temperatura del modelo cada 5 minutos. Cada modelo se ha colocado aproximadamente durante 48 horas en una situación determinada, tras lo cual se volcaban los registros y se cambiaba la ubicación. Se han empleado un total de 15 *data logger* cada día que fueron colocados durante un total de 50 días del trabajo de campo realizado en ambos islotes. En Aire se colocaron modelos durante 31 días en primavera y 6 en verano, mientras que en Colom fueron 8 días en primavera y 7 días en verano. Aunque los *data logger* permanecían las 24 horas del día en cada lugar, los registros se depuraron, eliminando todas las lecturas de temperaturas del horario fuera de la actividad de las lagartijas. De ese modo, se mantuvieron únicamente los registros comprendidos entre las 07.00 GMT y las 17.00 GMT, el mismo intervalo dentro de cual se han efectuado la totalidad de las capturas de lagartijas.

En total, se obtuvieron 44981 registros válidos de temperaturas operativas correspondientes a todos los microhábitats en los cuales se mueven las lagartijas durante su período de actividad, incluyendo situaciones en zonas de insolaación total, sol filtrado y sombra, así como sustratos rocosos, de tierra, de zonas herbáceas, sobre matorrales y plantas por encima del suelo.

Temperaturas seleccionadas

Los individuos fueron capturados en Aire y Colom en la primavera de 1989. El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Biología Animal de la Universidad de Salamanca en junio de 1989 (Bauwens *et al.* 1995 y Pérez-Mellado, datos inéditos). El gradiente térmico se construyó en un terrario de 1m de longitud en el cual se suspendió una lámpara de 150 W en uno de sus extremos, creando un gradiente de 20 a 60° C (Bauwens *et al.* 1995). Se brindaba a las lagartijas agua *ad libitum*, de modo que las temperaturas corporales adquiridas por las lagartijas se consideran como preferidas o seleccionadas en ausencia de restricciones (Licht *et al.*, 1966). Se tomó una temperatura corporal cada hora a cada individuo. Se emplearon 11 individuos adultos de la isla del Aire y 10 individuos adultos de Colom de los cuales se obtuvieron 121 y 99 valores de temperatura cloacal, respectivamente. Para llevar a cabo los cálculos de eficacia termorreguladora hemos empleado como puntos de límite inferior y superior, los que acotan el 50% de los valores centrales (Huey 1982).

Manejo de los datos y análisis estadísticos

Para los análisis estacionales, los registros correspondientes a marzo, abril y mayo se agruparon como datos de primavera, quedando únicamente los del mes de julio como datos de verano. El análisis de Eficacia térmica se ha llevado a cabo por medio de una rutina (THERMO) escrita por Richard P. Brown (John Moores Liverpool University, Reino Unido), que corre como macro en Minitab® (ver. 13.0). Se llevaron a cabo análisis estadísticos con pruebas paramétricas, siempre y cuando los datos de partida cumplieran las condiciones de normalidad y de homogeneidad de varianzas. En caso contrario, se optó inicialmente por la transformación logarítmica de los datos originales o por la aplicación de una prueba no paramétrica equivalente (Sokal & Rohlf 1995; Zar 1999).

RESULTADOS

Se han capturado un total de 800 individuos, 404 en Aire y 396 en Colom. Esto corresponde tanto a individuos activos como a individuos en heliotermia e inactivos a la sombra, de modo que los tamaños de muestra para los análisis de lagartijas activas son menores. Se obtuvieron 521 datos de machos y 270

de hembras (en 9 casos las lagartijas escaparon tras la toma de la temperatura corporal y no fue posible tomar datos adicionales, incluido el sexo de las mismas). Se puso un particular énfasis en la captura de adultos, sobre los cuales se han llevado a cabo los análisis comparativos, de modo que se capturaron 723 adultos y únicamente 73 juveniles.

Temperaturas corporales en individuos activos

En primavera en Aire, no existen diferencias estadísticamente significativas entre adultos y juveniles en sus temperaturas corporales de actividad. En promedio, las lagartijas exhiben temperaturas de unos 32 a 33°C. Buena parte de las temperaturas registradas son inferiores a los valores mínimos del rango de temperaturas seleccionadas en gradiente térmico. Tampoco durante el verano hallamos diferencias significativas entre adultos y juveniles. En este período, las temperaturas de lagartijas activas se hallan notablemente más centradas dentro de los valores del rango óptimo, o bien poseen valores superiores al mismo. En primavera en Colom, tampoco encontramos diferencias significativas entre adultos y juveniles activos. Del mismo modo, no encontramos diferencias significativas en cuanto a las temperaturas de actividad de machos y hembras, tanto en Aire como en Colom. Pero sí aparecieron tales diferencias en cuanto a las temperaturas de actividad de individuos en primavera o en verano. En ambas poblaciones de Aire y Colom los individuos activos exhibieron temperaturas significativamente superiores durante el verano (ver más detalles en Pérez-Mellado *et al.*, en preparación).

Evolución diaria de la temperatura corporal

Las lagartijas no poseen temperaturas idénticas durante todo el período de actividad, ya que a lo largo del día desarrollan una serie de actividades que deben compatibilizarse con una termorregulación más o menos precisa. Hemos analizado la evolución de la temperatura corporal en individuos activos comparando la temperatura corporal media en cada segmento horario. En Aire durante la primavera, observamos que sólo durante el segmento horario central del día (12 GMT) las medias de temperaturas corporales se hallan dentro de los rangos óptimos fisiológicos definidos por las temperaturas seleccionadas en gradiente térmico (fig. 1). De este modo, la práctica totalidad de la actividad vespertina y buena parte de la matutina, en primavera, se lleva a cabo en con-

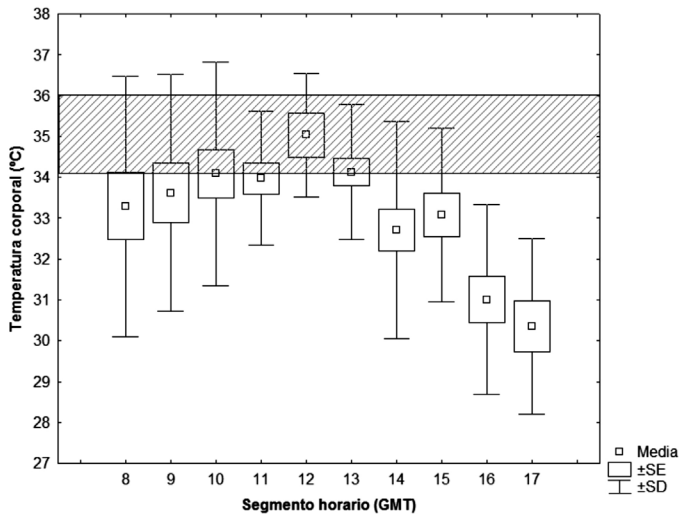


Figura 1. Evolución diaria de la temperatura corporal en lagartijas activas de la isla del Aire durante la primavera. La banda rayada horizontal señala el intervalo de temperaturas corporales preferidas en gradiente térmico (50% central, ver más detalles en el texto).

diciones térmicamente subóptimas. Por el contrario, en Colom, las lagartijas se hallan en actividad durante la primavera con temperaturas que caen dentro del rango de las seleccionadas en gradiente térmico durante prácticamente todo el día (fig. 2). En verano, en Aire, buena parte de la actividad diaria se desarrolla dentro del rango óptimo (fig. 3). Un patrón similar es observable en la isla de Colom, con medias de temperaturas de actividad dentro del rango óptimo en prácticamente todo el período de actividad (fig. 4). Es importante señalar la ausencia de observaciones en los segmentos 12, 13, 14 y 15 en la isla del Aire y 12, 13 y 14 en Colom, lo que indica una práctica inactividad durante el período más cálido del día, probablemente porque en el mismo las lagartijas no pueden mantener temperaturas de actividad adecuadas y permanecen en zonas sombreadas o de sol filtrado, donde no han sido localizadas.

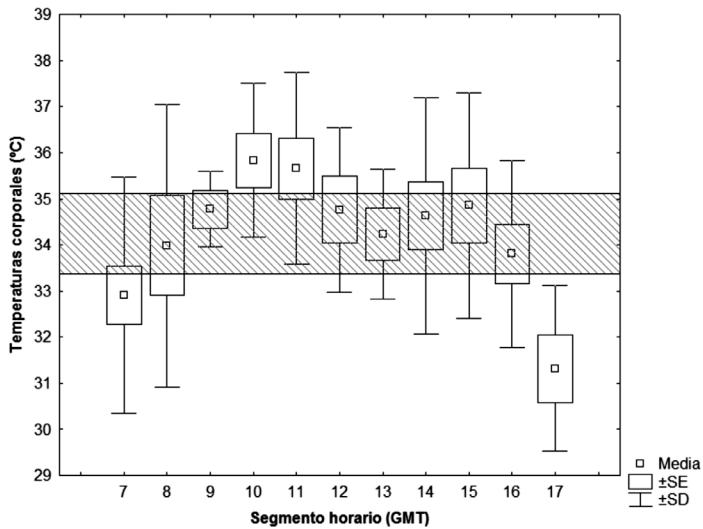


Figura 2. Evolución diaria de la temperatura corporal en lagartijas activas de la isla de Colom durante la primavera.

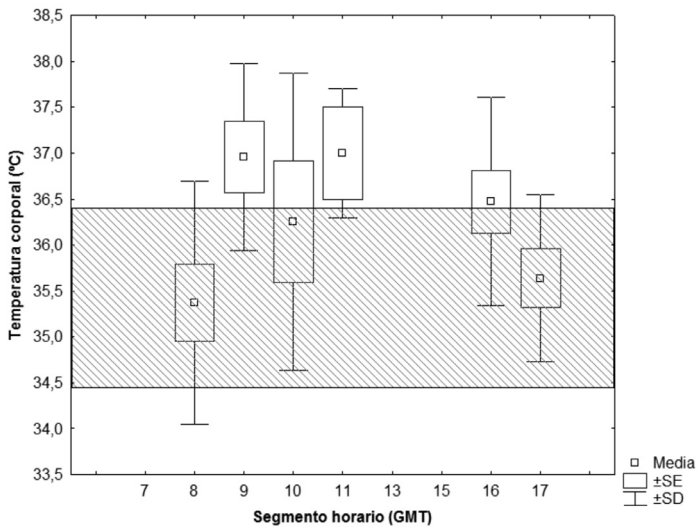


Figura 3. Evolución diaria de la temperatura corporal en lagartijas activas de la isla del Aire durante el verano.

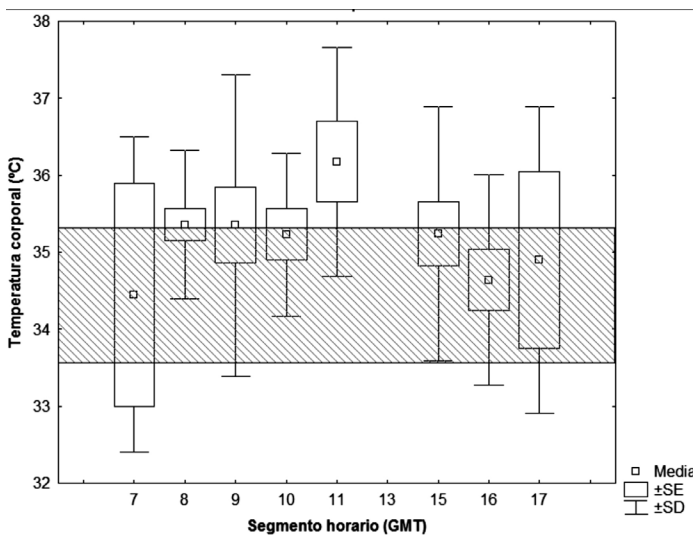


Figura 4. Evolución diaria de la temperatura corporal en lagartijas activas de la isla de Colom durante el verano.

Temperaturas operativas

En la isla del Aire durante la primavera el promedio de las temperaturas operativas de los diferentes sustratos empleados por la lagartija balear en la isla del Aire se halla por debajo de los óptimos fisiológicos, con valores alrededor de los 25°C. Sin embargo, los valores máximos de T_c registrados por los modelos abarcan sobradamente los límites máximos y mínimos del óptimo térmico, salvo en el último segmento horario de las 17.00 GMT. En verano las temperaturas operativas son, como cabía esperar, significativamente superiores a las de primavera. De hecho, los modelos de cobre llegan a alcanzar temperaturas extraordinariamente elevadas (¡superiores a los 70°C en algún caso!), como consecuencia de la radiación solar directa, con valores muy por encima de los límites letales máximos para los reptiles. Las medias de T_c para casi todos los segmentos horarios de actividad superan ampliamente los 35°C y se hallan pues, notablemente alejadas de los óptimos térmicos.

En los sustratos desprovistos de vegetación, en los cuales la radiación solar es intensa durante todo el período de actividad, únicamente los primeros seg-

mentos horarios son apropiados para la heliotermia, tanto en las zonas rocosas como en las de tierra o en sustrato herbáceo. Los tres sustratos son empleados mayoritariamente por las lagartijas a primeras horas de la mañana para alcanzar rápidamente las temperaturas de actividad. La evolución diaria de las temperaturas en estos tres sustratos es similar, si bien se observa claramente que en tierra y hierba las temperaturas operativas son muy superiores en los segmentos centrales del día. Quizás esto se deba al efecto refrigerante de las brisas a una cierta altura del suelo, sobre sustratos rocosos. De hecho, a pleno sol los modelos situados sobre plantas a 20-30 centímetros del suelo en *Suaeda vera*, sobre *Pistacia lentiscus* o sobre *Crithmum maritimum*, adquirieron temperaturas operativas cuyos valores mínimos se hallan situados, incluso en las horas centrales del día, muy cerca o dentro del rango de temperaturas óptimas.

Al contrario de lo que sucede en Aire, en Colom en primavera, durante casi la totalidad del período diario de actividad las temperaturas operativas exhiben valores cercanos a los óptimos fisiológicos. El sustrato rocoso a pleno sol exhibe T_c adecuadas durante buena parte del día. En primavera y a pleno sol, las zonas a ras de suelo sobre sustrato herbáceo y sobre tierra muestran patrones de T_c similares, con medias por encima de los valores óptimos que, sin embargo, aparecen incluidos en la variación de T_c . Es interesante señalar que las T_c de modelos sobre *Suaeda vera* a pleno sol muestran medias notablemente más bajas. También en este caso, el efecto refrigerante de las brisas a una cierta altura del suelo parecen responsables de estas diferencias. En verano, el perfil diario de las temperaturas operativas totales es muy similar al descrito en Aire. Es también interesante señalar aquí que los modelos de T_c colocados sobre matas de *Pistacia lentiscus* alcanzaron temperaturas operativas a pleno sol notablemente más bajas durante todo el día y, en la zona central del ciclo diario, fue el único hábitat térmico con temperaturas adecuadas.

Eficacia y exactitud termorreguladoras

En Aire durante la primavera, la eficacia termorreguladora es significativamente inferior que en verano. Lo mismo sucede en el caso de Colom, aunque en dicha población las diferencias entre primavera y verano son menores. De hecho, en Colom no observamos un aumento tan dramático de la eficacia entre primavera y verano (tabla 1). Del mismo modo, la exactitud termorreguladora es significativamente superior en verano en ambos islotes. Además, en prima-

vera hemos hallado una mayor exactitud termorreguladora en las lagartijas de Colom, mientras que en verano la situación se invierte y la exactitud alcanza valores máximos en Aire (tabla 2). A tales valores de eficacia y exactitud les corresponden valores de calidad térmica del hábitat que también son diferentes en Colom y Aire. En un análisis separado por estaciones, detectamos que en

Población y período	\bar{E}	$\pm SE$	Límites al 95%
Total	0.88	0.001	0.877-0.881
Aire total	0.87	0.002	0.869-0.877
Colom total	0.88	0.0007	0.884-0.887
Primavera total	0.84	0.001	0.835-0.839
Verano total	0.92	0.0006	0.920-0.922
Aire primavera	0.81	0.0007	0.808-0.811
Aire verano	0.93	0.0006	0.934-0.937
Colom primavera	0.86	0.0007	0.864-0.867
Colom verano	0.90	0.0005	0.906-0.908

Tabla 1. Valores medios de eficacia termorreguladora ($\bar{E} \pm SE$) para las poblaciones y períodos en estudio. Obsérvese que en los dos islotes las eficacias son superiores en verano.

Población y período	\bar{d}_c	$\pm SE$	Límites al 95%
Total	0.99	0.01	0.97-1.02
Aire total	1.14	0.02	1.09-1.19
Colom total	0.84	0.008	0.83-0.86
Primavera total	1.48	0.01	1.46-1.51
Verano total	0.49	0.004	0.49-0.51
Aire primavera	1.89	0.007	1.88-1.90
Aire verano	0.39	0.004	0.38-0.40
Colom primavera	1.08	0.006	1.07-1.09
Colom verano	0.61	0.003	0.60-0.62

Tabla 2. Valores medios de exactitud termorreguladora ($\bar{d}_c \pm SE$) para las poblaciones y períodos en estudio. Obsérvese que en los dos islotes la precisión termorreguladora (valores más bajos) es superior en verano.

Aire la calidad es significativamente superior (valores de las diferencias entre temperaturas operativas y temperaturas óptimas menores) en verano (prueba U de Mann-Withney, $Z= 31.61$, $p<0.001$). Lo mismo sucede en el caso de Colom (prueba U de Mann-Withney, $Z= 27.37$, $p<0.001$).

Si comparamos los dos islotes para cada estación, vemos que en primavera la calidad térmica del hábitat es significativamente superior en Colom (prueba U de Man-Withney, $Z= 31.61$, $p<0.001$), mientras que en verano sucede todo lo contrario, la calidad térmica es superior en la isla del Aire (U de Mann-Withney, $Z= -22.41$, $p<0.001$).

La biología térmica sobre espatas de la rapa mosquera

Las lagartijas acceden a las espatas abiertas de la rapa mosquera durante prácticamente todo el día. Hemos observado sobre las espatas tanto individuos juveniles como machos y hembras adultos, aunque ya en estudios previos (Pérez-Mellado *et al.* 2000) se puso de manifiesto que los machos tenían un acceso mayor a las mismas. En 2006 analizamos, de acuerdo con la totalidad de capturas de ejemplares llevadas a cabo en la isla del Aire durante la primavera, el acceso de las lagartijas a las espatas desde el punto de vista de su tamaño corporal. Para ello, seleccionamos únicamente los machos, de los que poseemos un tamaño de muestra suficiente. Hemos hallado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes sustratos (prueba de Kruskal-Wallis, $H= 16.29$, $p=0.001$; fig. 5). Si empleamos la prueba U de Mann-Withney para realizar comparaciones pareadas entre todos los sustratos, observamos que las diferencias significativas aparecen en las comparaciones de las espatas con los sustratos habituales de heliotermia (espata-tierra: $Z= 2.12$, $p= 0.03$; espata roca: $Z= -2.90$, $p= 0.003$), pero no entre las rocas y la tierra ($Z= -0.51$, $p= 0.61$) ni entre los conejos y las espatas ($Z= -1.55$, $p= 0.12$). En resumen, las lagartijas que emplean las espatas de *D. muscivorus* y los conejos como sustrato de termorregulación heliotérmica tienen tamaños corporales significativamente mayores que los que emplean los sustratos más habituales, las rocas y las zonas de tierra.

Hemos estudiado además las temperaturas de las espatas en las cuales había lagartijas en comparación con una muestra aleatoria de las espatas disponibles. Para ello, se emplearon los datos de las temperaturas de espatas abiertas en las cuales se observó una lagartija, con una muestra aleatoria de cuatro espatas próximas a dicha observación (ver más arriba). Para incrementar el tamaño

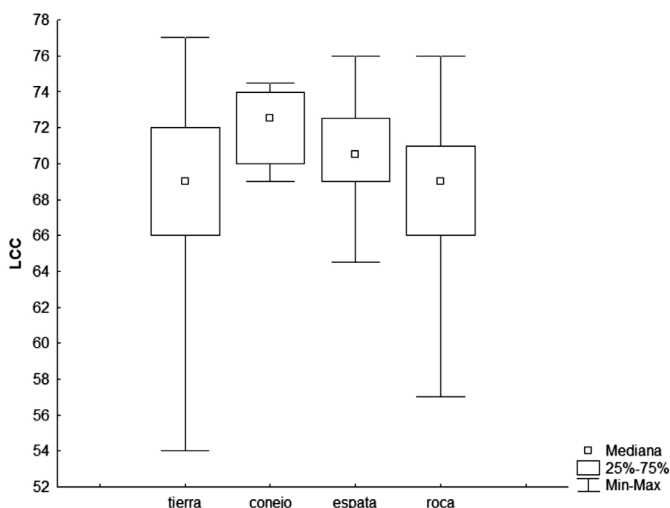


Figura 5. Tamaño corporal (longitud cabeza-cuerpo en milímetros) de machos adultos sobre los cuatro sustratos principales de heliotermia en la isla del Aire durante la primavera. Los conejos son cadáveres recientes empleados también por las lagartijas como sustrato de termorregulación.

de muestra, se incluyeron los datos de temperaturas de espatas obtenidos en la primavera de 2003 (Pérez-Mellado *et al.*, 2006 y 2007).

En las observaciones de lagartijas situadas sobre espatas, las espatas que tenían lagartijas exhibieron temperaturas superficiales significativamente superiores a las que no tenían lagartijas en los mismos lugares y períodos horarios (espatas con lagartijas, $T_s = 28.22 \pm 0.58$ °C, recorrido: 16.3-38.9, $n=52$; espatas sin lagartijas, $T_s = 26.72 \pm 0.46$, recorrido: 19.4-37.0, $n=72$; ANOVA de una vía, $F_{1,122} = 4.20$, $p=0.04$, varianzas homogéneas, test de Levene, $F=0.42$, $p=0.52$; fig. 6). Existe pues una selección activa de las espatas más calientes entre las disponibles.

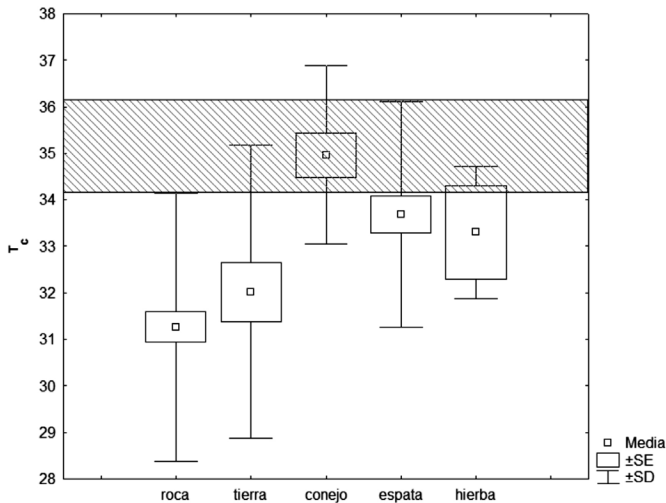


Figura 6. Temperaturas corporales de lagartijas en heliothermia sobre diferentes sustratos en la isla del Aire durante la primavera.

Temperaturas corporales de lagartijas sobre espatas

Las espatas son empleadas como sustrato de termorregulación, así como percha de caza al acecho. En muchos casos, no es sencillo discernir si un individuo está situado sobre una espata únicamente cazando al acecho, ya que siempre se halla inmóvil y, por lo tanto, en heliothermia, salvo en el caso de espatas que estuvieran situadas en zonas sombreadas en las cuales no hemos observado ninguna lagartija. En otros casos, es claro que los individuos se hallan en heliothermia con un componente tigmotérmico, pues aplastan toda la zona ventral contra la superficie de la planta. Ya que se trata en todos los casos de individuos inmóviles, creemos que el análisis comparativo entre sustratos se debe llevar a cabo en base a las temperaturas corporales de individuos registrados en heliothermia y excluyendo las de individuos activos. Aunque esporádicamente las lagartijas ocupan otros sustratos, circunscribimos nuestro análisis a los tres sustratos principales, las rocas, la tierra y las espatas abiertas. En las espatas abiertas el 72.97 % de las observaciones corresponden a machos adultos, el 21.62 % a hembras y únicamente en dos ocasiones fueron observados individuos juveniles sobre las espatas. Machos y hembras adultos exhiben temperaturas corporales

similares sobre las espatas abiertas (machos, media= 33.75 ± 0.50 °C, recorrido: 28.10-36.80; hembras, media= 33.81 ± 0.76 °C, recorrido: 30.20-36.90; juveniles: media= 32.35 ± 0.45 °C, recorrido: 31.90-32.80; ANOVA de una vía, $F_{2,34} = 0.31$, $p = 0.73$, varianzas homogéneas, test de Levene, $F = 1.11$, $p = 0.34$).

Hemos comparado la eficacia termorreguladora de la lagartija balear sobre las espatas y sobre el resto de sustratos empleados durante la primavera y hallamos que la eficacia termorreguladora es significativamente superior en las espatas abiertas que en el conjunto del resto de sustratos (test U de Mann-Withney, $U = 1995$, $Z = -26.93$, $p < 0.01$, $n = 500$). Los valores obtenidos de \bar{d}_c nos permiten comparar las \bar{d}_c que definen la calidad térmica de las espatas como hábitat con el resto de sustratos. Los valores significativamente menores corresponden al resto de sustratos (\bar{d}_c de espatas abiertas= 10.11 ± 0.01 , recorrido: 9.24-11.02; \bar{d}_c del resto de sustratos= 9.95 ± 0.006 , recorrido: 9.48-10.34; test U de Mann-Withney, $U = 80335.0$, $Z = -9.78$, $p < 0.01$), de modo que la calidad térmica de las espatas es significativamente inferior a la del resto de sustratos empleados por la lagartija balear durante la primavera.

DISCUSIÓN

La lagartija balear se termorregula de forma precisa y sumamente eficaz, tanto en primavera como en verano en las dos localidades de estudio, Aire y Colom. En Aire durante la primavera, buena parte de las temperaturas operativas se hallan claramente fuera del rango óptimo y, a pesar de ello, la lagartija balear es capaz de una efectiva termorregulación. Algo similar sucede en otros pequeños lacértidos insulares como *Podarcis atrata* de las Islas Columbretes, que al comienzo del otoño, se termorregula de forma efectiva en un ambiente térmicamente poco favorable (Bauwens *et al.* 1996). Otras especies como *Podarcis tiliguerta* y *Podarcis sicula* exhiben también una notable capacidad termorreguladora (Van Damme *et al.* 1990).

El mantenimiento de temperaturas corporales elevadas y cercanas o dentro del rango óptimo fisiológico es una condición esencial para desarrollar altos niveles de actividad, mantener elevadas tasas metabólicas y desarrollar una intensa actividad alimenticia (Bennett & Gleeson 1979; Karasov & Anderson 1984). En ambos islotes las lagartijas permanecen activas durante prolongados períodos de tiempo y únicamente las condiciones sumamente desfavorables

de algunos segmentos horarios centrales en verano impiden dicha actividad. En definitiva, las elevadas temperaturas corporales facilitan el mantenimiento de una actividad diaria prolongada que, probablemente, sólo es posible porque se desarrolla en ambientes casi libres de depredadores, como son estos pequeños islotes costeros (Pérez-Mellado 2005), lo que minimiza de forma significativa los costes de dicha conducta (ver una aproximación similar en Vitt *et al.* 2005).

Los ambientes térmicos experimentados por la lagartija balear son, para una misma localidad, sumamente diferentes en cada estación. Baste comparar las temperaturas operativas de primavera y verano en la isla del Aire, no sólo diferentes en sus valores medios globales, sino también en cuanto a los perfiles de variación diaria que, respecto al rango óptimo de temperaturas, siguen un patrón netamente diferenciado, con valores medios en cada segmento horario por debajo en primavera y por encima en verano de dicho rango óptimo. No es pues extraño que los patrones de termorregulación, y la exactitud termorreguladora sean diferentes entre las dos estaciones.

Podemos considerar que la eficacia termorreguladora de la lagartija balear es, en términos absolutos, elevada, ya que se acerca al valor máximo de 1 y, en todos los casos, exhibe valores promedios superiores a 0.80. Se trata de valores similares o superiores a los encontrados en otros saurios ectotermos de pequeño tamaño como *P. atrata* (Bauwens *et al.*, 1996). Sin embargo, es llamativa la situación inversa en los islotes de Colom y Aire. En ambos casos la eficacia termorreguladora es superior durante el verano, pero en Aire se produce un aumento dramático de la misma entre las dos estaciones analizadas, mientras que en Colom dicho aumento es notablemente más moderado. Igual patrón de diferencias entre ambas poblaciones y períodos hallamos respecto a la precisión termorreguladora.

En primavera, las lagartijas de Aire permanecen activas con temperaturas aparentemente subóptimas durante una buena parte del día, particularmente en los segmentos horarios vespertinos, mientras que en Colom hemos observado que los individuos son capaces de mantener temperaturas óptimas durante la mayor parte de su ciclo diario de actividad. Estas diferencias entre ambos islotes apuntarían a la existencia de una mayor heterogeneidad del hábitat en Colom, que permitiera una más eficaz termorregulación. Es probable, por ejemplo, que la existencia de grandes masas arbustivas y de numerosos muros y otras estructuras rocosas en Colom, permita a las lagartijas un asoleamiento

durante la primavera en zonas protegidas del efecto refrigerante del viento. Esta posibilidad se halla seriamente limitada en el caso de Aire y podría explicar las diferencias observadas en cuanto a la eficacia termorreguladora en primavera entre ambos islotes. De hecho, si examinamos los resultados del análisis de la calidad térmica del hábitat, las diferencias entre Aire y Colom se hacen aún más evidentes. Durante la primavera hemos hallado una calidad térmica del hábitat significativamente superior en la isla de Colom, lo que refuerza las apreciaciones anteriores.

En el verano, por el contrario, observamos que las lagartijas se termorregulan de forma eficaz tanto en Aire como en Colom, pero incluso con eficacias mayores en Aire. La exactitud termorreguladora así lo confirma. Sorprendentemente, el análisis de calidad térmica del hábitat ha dado resultados contrarios a los aparecidos en primavera. Durante el verano la isla del Aire muestra una calidad térmica significativamente superior a la isla de Colom. ¿A qué pueden deberse tales diferencias? Asumimos, una vez más, que las muestras de temperaturas operativas han sido obtenidas de modo equivalente en primavera y verano, de modo que otro factor ha provocado el aumento de la calidad térmica en verano en Aire. Como hemos visto en el apartado de resultados, el viento crea un efecto refrigerante neto sobre las temperaturas operativas brindadas por los distintos hábitats, tanto en Colom como, sobre todo, en Aire. Así, durante el verano los sustratos rocosos muestran temperaturas operativas menores y más cercanas a los óptimos fisiológicos que las exhibidas por las zonas despejadas de tierra o hierba. La razón más probable es que en las zonas rocosas, a una cierta altura sobre el suelo, la brisa crea un efecto refrigerante que resulta también detectable incluso a ras de suelo en la isla del Aire. Este efecto puede ser la causa de las temperaturas operativas más benignas de Aire, que confieren una mayor calidad térmica a sus hábitats en verano en comparación con Colom y que permiten una más eficaz termorregulación. Por otro lado, si la calidad térmica de la isla del Aire es superior en verano y eso se refleja en una más eficaz termorregulación, el papel de la coloración melánica no se detecta en tales diferencias. No tenemos elementos que apunten a diferencias entre las poblaciones de ambos islotes que puedan deberse a las capacidades termorreguladoras diferentes de las lagartijas que los habitan, ya que las diferencias detectadas siempre son acompañadas por diferencias congruentes en la calidad térmica de los hábitats durante la primavera y el verano. De este modo, en cuanto a la

eficacia térmica, no podemos confirmar que la coloración melánica confiera capacidades superiores a las lagartijas de Aire durante el verano o la primavera. Es obvio que necesitamos ampliar este estudio con el de otras poblaciones melánicas y no melánicas sometidas a diferentes ambientes térmicos, así como incorporar información sobre las tasas de calentamiento y enfriamiento de las lagartijas en experimentos controlados para descartar un papel relevante del melanismo en la biología térmica de esta especie. De cualquier modo, los datos disponibles en otras especies de reptiles, parecen indicar que el melanismo no confiere ventajas significativas en cuanto a tasas de calentamiento y temperaturas de equilibrio, al menos en especies de pequeño tamaño (Crisp *et al.* 1979; Bittner *et al.* 2002; Tosini *et al.* 1992).

Las espatas abiertas de *D. muscivorus*, brindan a la lagartija balear un sustrato poco usual de termorregulación. Las lagartijas emplean las espatas abiertas como lugares preferentes de termorregulación heliotérmica en un sustrato caliente en el que las pérdidas por tigmotermia serían mínimas. Al mismo tiempo, desde tal sustrato, se ha podido desarrollar una conducta de caza al acecho sobre los potenciales polinizadores de la planta. La isla del Aire no constituye, como hemos visto más arriba, un medio térmicamente favorable durante la primavera. La mayor parte de los hábitats y sustratos disponibles brindan temperaturas operativas por debajo de los óptimos fisiológicos, de modo que un sustrato térmicamente estable y con temperaturas superficiales elevadas debería constituir un foco de atracción para las lagartijas. Aún así, hemos visto que las espatas brindan temperaturas operativas a las lagartijas que, en promedio, también están durante todo el día notablemente alejadas de los valores óptimos. Es más, el análisis de las desviaciones de las temperaturas operativas sobre espatas nos demuestra que éstas poseen una calidad térmica inferior al resto de sustratos y, a pesar de ello, son empleadas por las lagartijas. En estas circunstancias, la estrategia de las lagartijas consiste en seleccionar activamente las espatas más calientes que pueden brindar temperaturas operativas muy por encima del rango óptimo delimitado por T_{sel} . De este modo, y sólo de este modo, las lagartijas son capaces durante prácticamente todo el período diario de actividad de alcanzar temperaturas óptimas o cercanas a las óptimas sobre las espatas, exhibiendo una eficacia térmica en las mismas significativamente superior a la mostrada sobre el resto de sustratos. Este es un ejemplo notable que demuestra de qué modo, un sustrato térmicamente favorable sólo en muy

determinados momentos y circunstancias, pueden ser empleadas favorablemente, con una compleja explotación que incluye funciones diversas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es un resumen de los resultados obtenidos en el estudio sobre la biología térmica de la lagartija balear que se llevó a cabo gracias a la beca de investigación concedida por el Institut Menorquí d'Estudis en su convocatoria de 2006. También se benefició del apoyo financiero del proyecto REN2003-08432-CO2-02 y, durante la fase final de análisis de datos, del proyecto CGL2006-10893-CO2-02. Angelo Torrente colaboró en las primeras fases del trabajo de campo. Raúl Escandell y el equipo de ornitólogos del proyecto *Piccole Isole* facilitaron de múltiples formas el trabajo de campo en la isla del Aire. El director del Parque Natural de s'Albufera des Grau puso a disposición del equipo investigador las instalaciones del Parque para llevar a cabo el trabajo en la isla de Colom.

REFERENCIAS

- BAKKEN, G.S., & GATES, D.M. (1975): «Heat-transfer analysis of animals: some implications for field ecology, physiology, and evolution». *Perspectives in Biophysical Ecology*. (Eds. D.M. Gates & Schmerl), p. 255-290. Springer, New York.
- BAUWENS, D., GARLAND, T., CASTILLA, A.M. & VAN DAMME, R. (1995): «Evolution of sprint speed in lacertid lizards: morphological, physiological, and behavioral covariation». *Evolution*, 49(5): 848-863.
- BAUWENS, D., HERTZ, P. & CASTILLA, A.M. (1996): «Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms». *Ecology*, 77: 1818-1830.
- BENNETT, A.F. & GLEESON, T.T. (1979): «Metabolic expenditure and the cost of foraging in the lizard on a tropical island». *Oecologia*, 42: 339-358.
- BITTNER, T.D., KING, R.B. & KERFIN, J.M. (2002): «Effects of body size and melanism on the thermal biology of Garter Snakes (*Thamnophis sirtalis*)». *Copeia*, 2002(2): 477-482.

- CHRISTIAN, K. A., TRACY, C.R. & TRACY, C. R. (2006): «Evaluating thermoregulation in reptiles: An appropriate null model». *The American Naturalist*, 168(3): 421-430.
- COWLES, R. B. & BOGERT, C.M. (1944): «A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles». *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83:261-296.
- CRISP, M., COOK, L.M. & HERWARD, F.V. (1979): «Color and heat balance in the lizard *Lacerta dugesii*». *Copeia*, 1979: 250-258.
- ESTEBAN, I., FILELLA E., GARCÍA-PARÍS, M., G.O.B. Menorca, Martín C., Pérez-Mellado, V. y Zapiirain, E. (1994): «Atlas provisional de la distribución geográfica de la herpetofauna de Menorca (Islas Baleares, España)». *Revista Española de Herpetología*, 8: 19-28.
- FERNÁNDEZ, G.A, JUANEDA, J. Y MAYOL, J. (1999): *S'Albufera des Grau, L'Illa d'en Colom i el Cap de Favàritx. Guia de Paseo*. Conselleria de Medi Ambient. Govern de les Illes Balears, Maó, 88 p.
- HERTZ, P. (1992): «Temperature regulation in Puerto Rican *Anolis* lizards: a field test using null hypotheses». *Ecology*, 73(4): 1405-1417.
- HERTZ, P.E., HUEY, R.B. & STEVENSON, R.D. (1993): «Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate questions». *The American Naturalist*, 142(5): 796-818.
- HUEY, R. B. (1982): «Temperature, physiology, and the ecology of reptiles», in C. Gans and F. H. Pough (eds.), pp. 25-91, *Biology of the Reptilia. Vol. 12. Physiology C: Physiological Ecology*. Academic Press, New York.
- KARASOV, W.H. & ANDERSON, R. A. (1984): «Interhabitat differences in energy acquisition and expenditure in a lizard». *Ecology*, 65: 235-247.
- LICHT, P., DAWSON, W.R., SHOEMAKER, V.H. & MAIN, A.R. (1966): «Observations on the thermal relations of western Australian lizards». *Copeia*, 1966: 97-111.
- PÉREZ MELLADO V. (1989): «Estudio ecológico de la Lagartija Balear *Podarcis lilfordi* (GÜNTHER, 1874) en Menorca». *Revista de Menorca*, 80: 455-511.
- PÉREZ-MELLADO, V. (1998): *Podarcis lilfordi* (Günther, 1874). En: *Reptiles*. Salvador, A. (Coordinador), pp. 272-282, *Fauna Ibérica*, vol. 10. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.
- PÉREZ-MELLADO V. (2005): *Amfibis i Rèptils. Enciclopèdia de Menorca*.

- V: *Vertebrats (volum 2). Amfibis i Rèptils*. pp. 117-295. Obra cultural de Menorca. Maó.
- PÉREZ-MELLADO V., CORTÁZAR G., LÓPEZ-VICENTE M., PERERAA. & SILLERO N. (2000): «Interaction of the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi* and the plant *Dracunculus muscivorus*». *Amphibia-Reptilia* 21(2): 223-226.
- PÉREZ-MELLADO, V., PERERA, A. & CORTÁZAR, G. (2003): «La Lagartija balear, *Podarcis lilfordi* (Günther, 1884) de l'Illa d'en Colom, Parc Natural de s'Albufera des Grau (Menorca). Situación actual y estado de conservación». *Butlletí Científic dels Espais Protegits de les Balears* 1: 23-34.
- PÉREZ-MELLADO V., RIERA N., PICCOLO V. & POTTER C. (2006): «Mutualismo en ecosistemas insulares: la interacción de dos endemismos mediterráneos, la Rapa mosquera, *Dracunculus muscivorus* y la lagartija balear, *Podarcis lilfordi*». *Revista de Menorca* 2003 87 (I): 45-77.
- PÉREZ-MELLADO V., RIERA N., HERNÁNDEZ-ESTÉVEZ J.A., PICCOLO V. & POTTER C. (2007): «A complex case of interaction between lizards and plants. The dead horse arum (*Dracunculus muscivorus*) and the Balearic lizard (*Podarcis lilfordi*)», p. 129-155, in: Corti, C., Lo Cascio, P. & Biaggini, M. (eds.), *Mainland and insular lacertid lizards: a Mediterranean perspective*. Firenze University Press.
- PÉREZ-MELLADO, V., GARCÍA DÍEZ, T., HERNÁNDEZ ESTÉVEZ, J.A., HERRERO AYUSO, C., RIERA, N. & CATALÁN, I. (en prensa): «El uso del espacio en la lagartija balear *Podarcis lilfordi*. Factores causales en la isla del Aire». *Revista de Menorca*.
- PRETUS J.L., MARQUÈS R. & PÉREZ-MELLADO V. (2004): «Holocene sea level rise and range fragmentation of *Podarcis lilfordi* on Minorcan islets: a vicariance scenario reviewed through a mtDNA tree». En: *The Biology of lacertid lizards. Evolutionary and ecological perspectives*. Pérez-Mellado, V., Riera, N. & Perera, A. (eds.). Col·lecció Recerca, 8: 279-291. Institut Menorquí d'Estudis. Maó.
- SHINE, R. & KEARNEY, M. (2001): «Field studies of reptile thermoregulation: how well do physical models predict operative temperatures?». *Functional Ecology*, 15: 282-288.

- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. (1996): *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*, 3rd edition. W.H. Freeman and Company.
- TOSINI, G., LANZA, B. & BACCI, M. (1992): «Skin reflectance and energy input of melanic and non-melanic populations of wall lizard (*Podarcis muralis*)». En: Korsós, Z. & Kiss, I. (eds.), *Proc. Sixth Ord. Gen. Meeting S.E.H., Budapest 1991*, pp. 443-448.
- VAN DAMME, R., BAUWENS, D., CASTILLA A.M. & VERHEYEN, R.F. (1990): «Comparative thermal ecology of the sympatric lizards *Podarcis tiliguerta* and *Podarcis sicula*». *Acta Oecologica*, 11(4): 503-512.
- VITT, L.J.; CALDWELL, J.P., SARTORIUS, S.S.; COOPER, W.E.; BAIRD, T.A.; T.D. BAIRD & PÉREZ-MELLADO, V. (2005): «Pushing the edge: extended activity as an alternative to risky body temperatures in an herbivorous teiid lizard (*Cnemidophorus murinus*: Squamata)». *Functional Ecology*, 19: 152-158.
- ZAR, J.H. (1999): *Biostatistical Analysis, fourth edition*. Upper Saddle River: Prentice Hall.