



# Observatorio Extremeño de Cambio Climático

Mérida, 10 de marzo de 2003



**Límites de tolerancia al calor en passeriformes  
mediterráneos y su vulnerabilidad actual y  
futura a las temperaturas extremas**



**María Auxiliadora Villegas Sánchez**

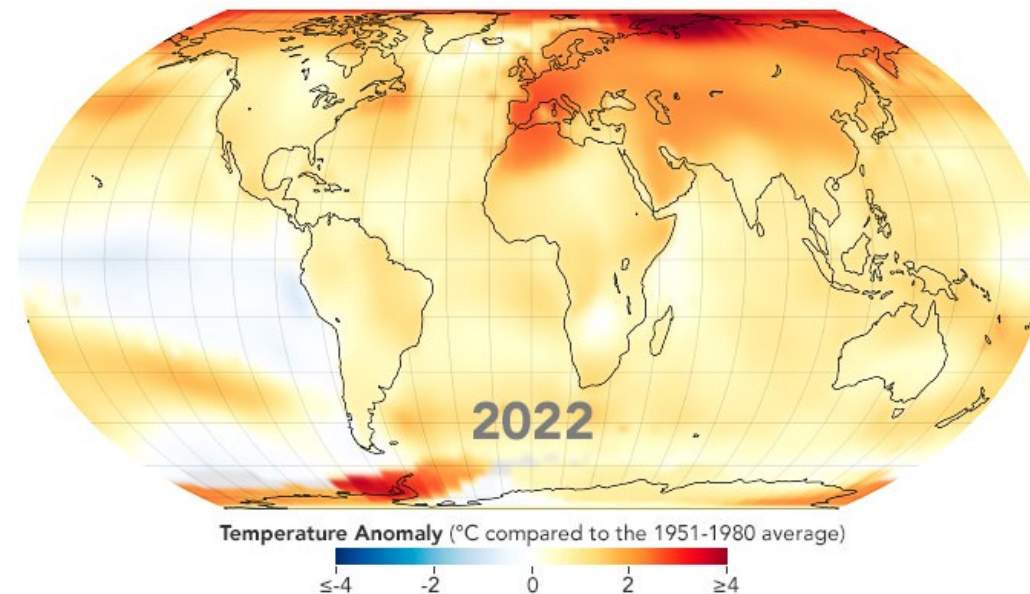
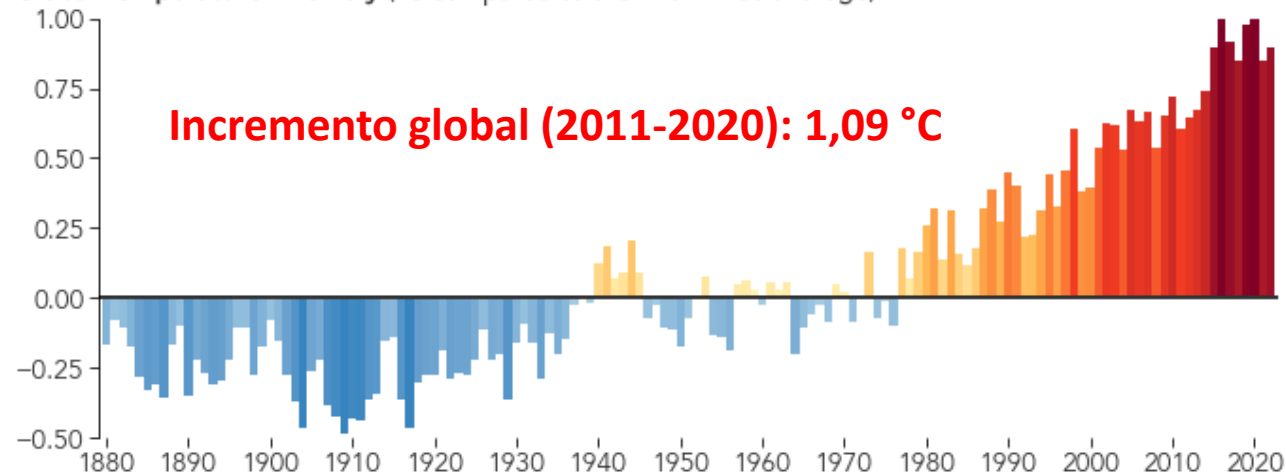
Profesora Titular de Universidad, Área de Ecología

Universidad de Extremadura

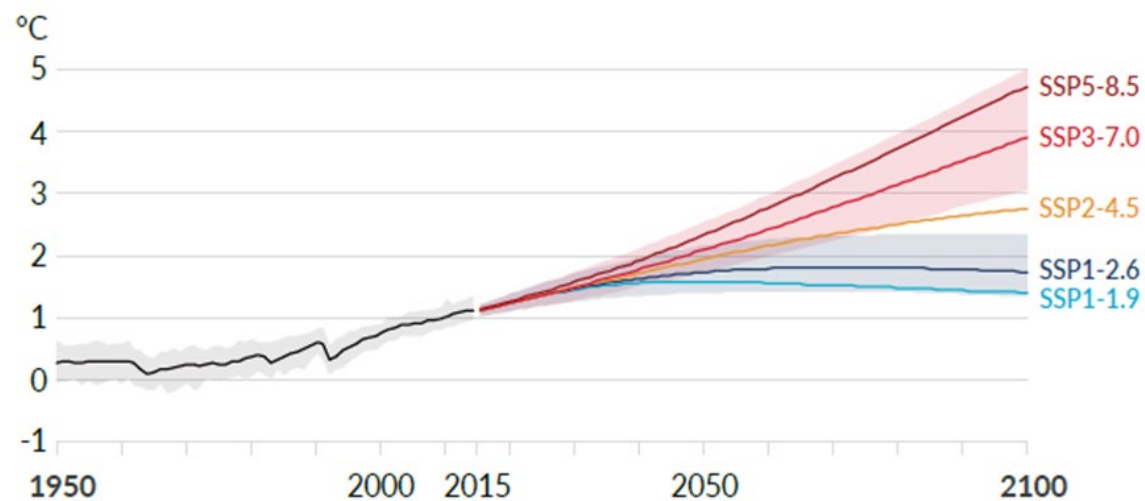
# Calentamiento global

## Last 9 Years Warmest on Record

Global Temperature Anomaly (°C compared to the 1951-1980 average)



**Anomalía de temperatura a nivel global respecto al promedio del periodo 1951-1980 (Earth Observatory NASA)**



**Cambios proyectados en la temperatura global en superficie a lo largo del siglo XXI respecto al periodo 1850-1900 en diferentes escenarios de emisiones (1.4 – 4.4°C, IPCC 2021)**

Fuentes:

<https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>

IPCC 2021 Climate Change 2021: The Physical Science Basis

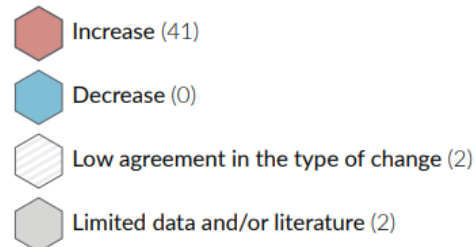
## Calentamiento global

Se ha producido un incremento en la frecuencia, duración e intensidad de eventos climáticos extremos, como las **olas de calor** (IPCC 2021)

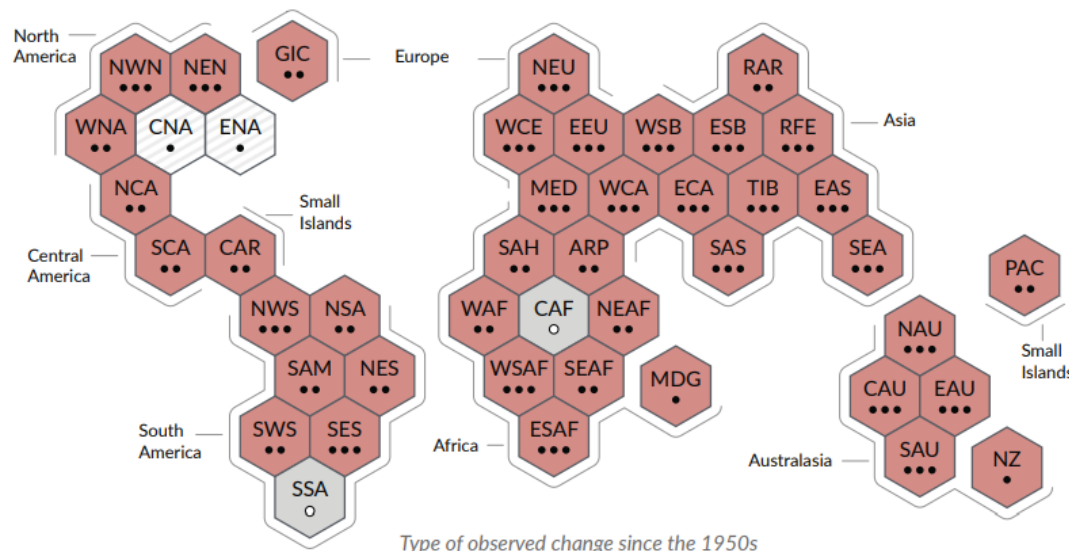
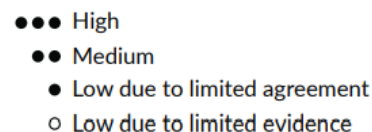
A

(a) Synthesis of assessment of observed change in **hot extremes** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

Type of observed change in hot extremes



Confidence in human contribution to the observed change

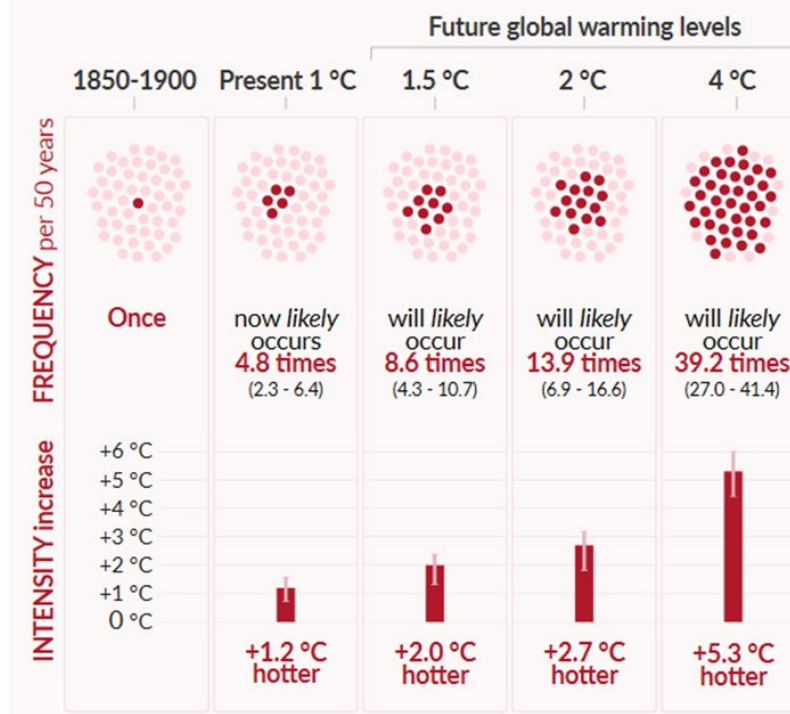


Type of observed change since the 1950s

B

### 50-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred **once** in 50 years on average in a climate without human influence



Síntesis de cambios (A) observados desde 1950 y (B) proyectados en eventos de calor extremo respecto a 1850-1900

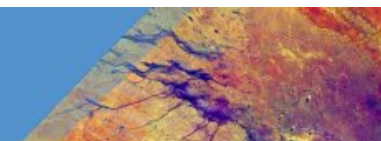


# El cambio climático constituye una amenaza para la biodiversidad a nivel global

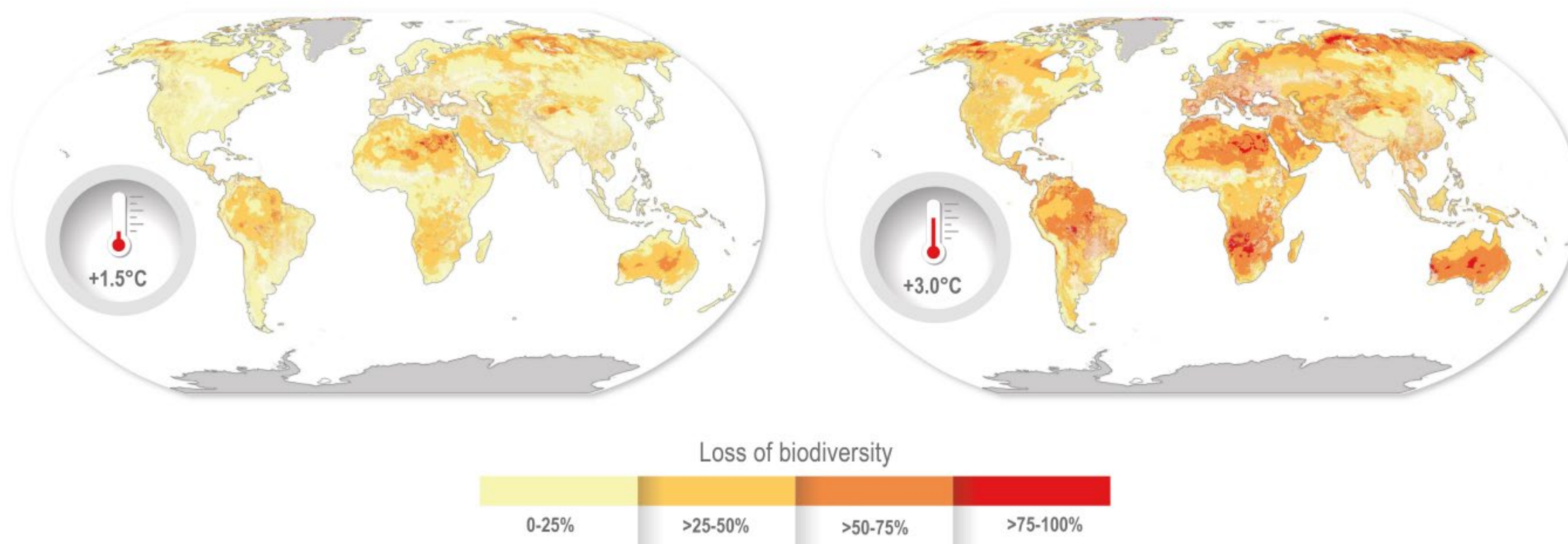
## SIXTH ASSESSMENT REPORT

Working Group II – Impacts, Adaptation and Vulnerability

ipcc  
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

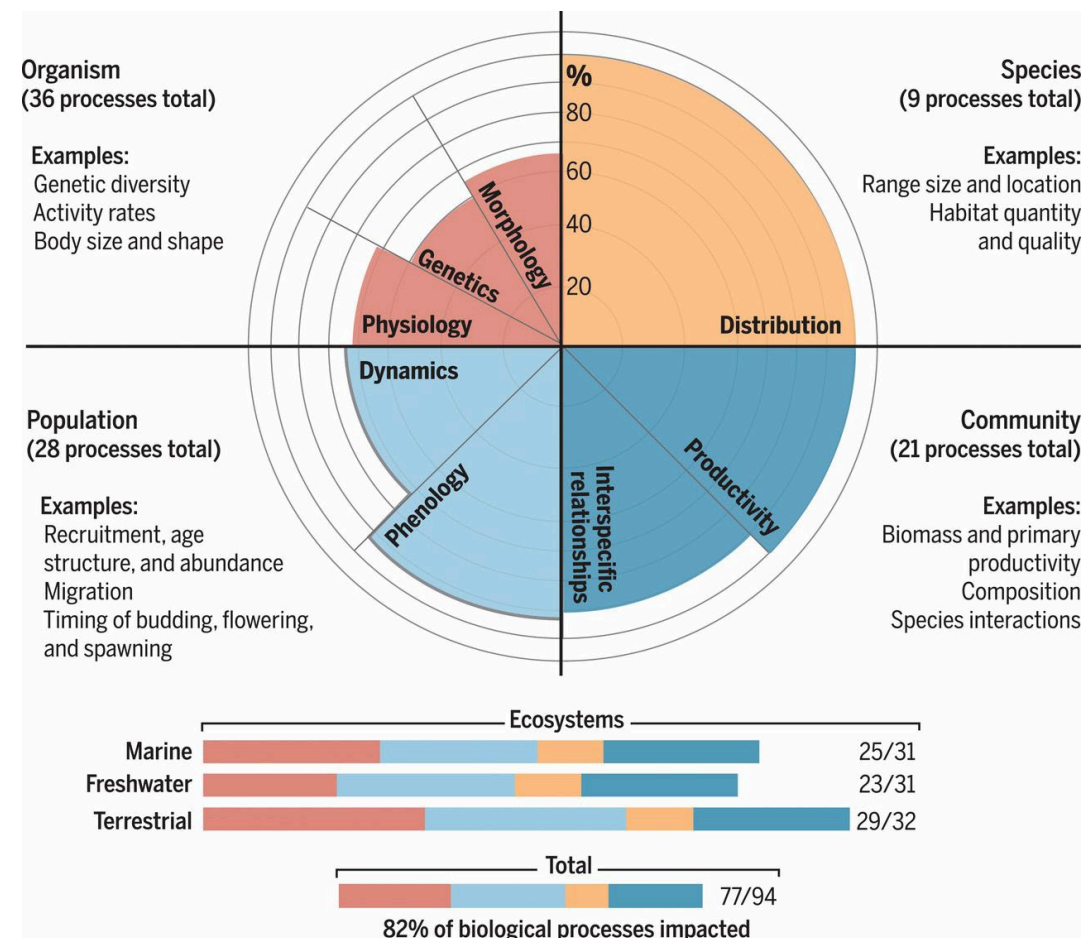
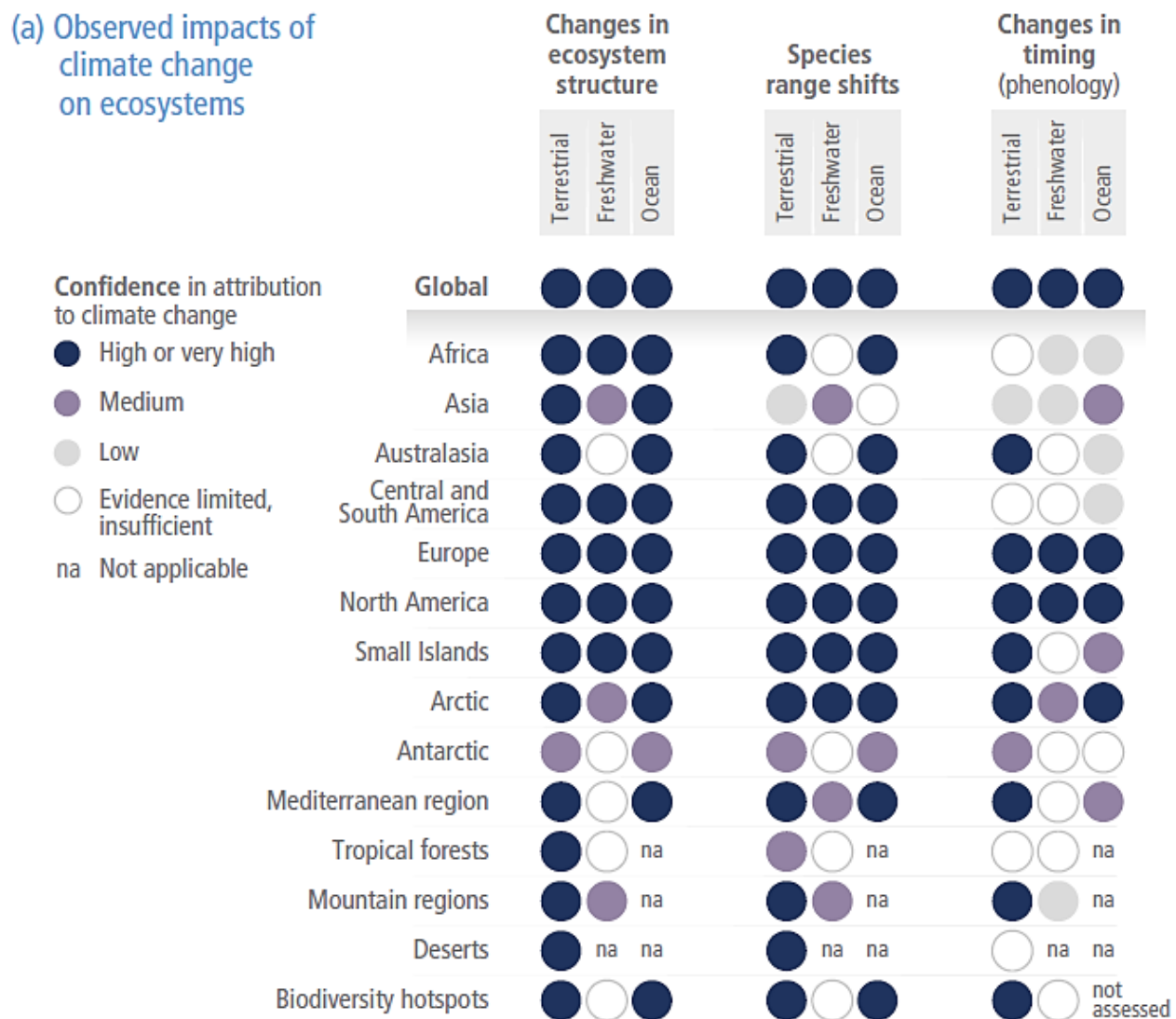


## Biodiversity loss at different warming levels



Los **impactos ecológicos del cambio climático** son ya evidentes en todo tipo de ecosistemas y a distintos niveles de organización (Scheffers et al. 2016, IPCC 2022).

(a) Observed impacts of climate change on ecosystems

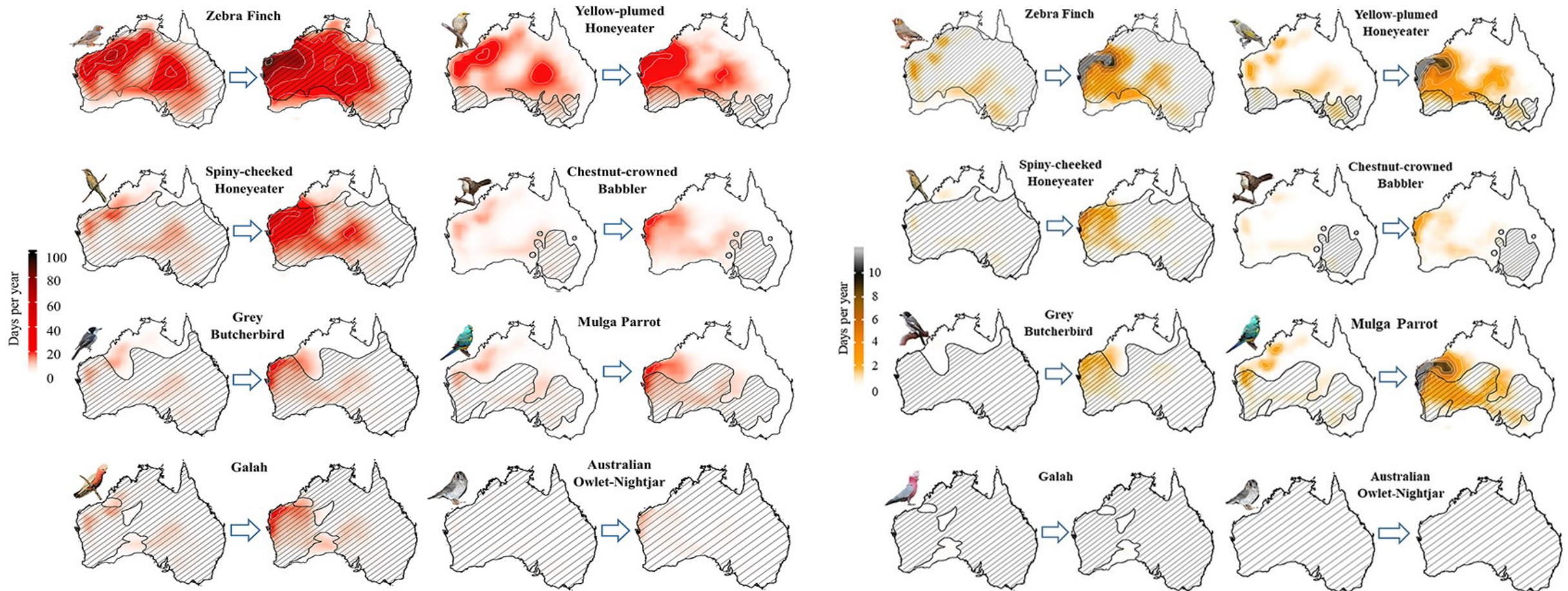


IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Scheffers et al. (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. Science, 354(6313), aaf7671.



# Impactos ecológicos de los eventos de temperaturas extremas y olas de calor.

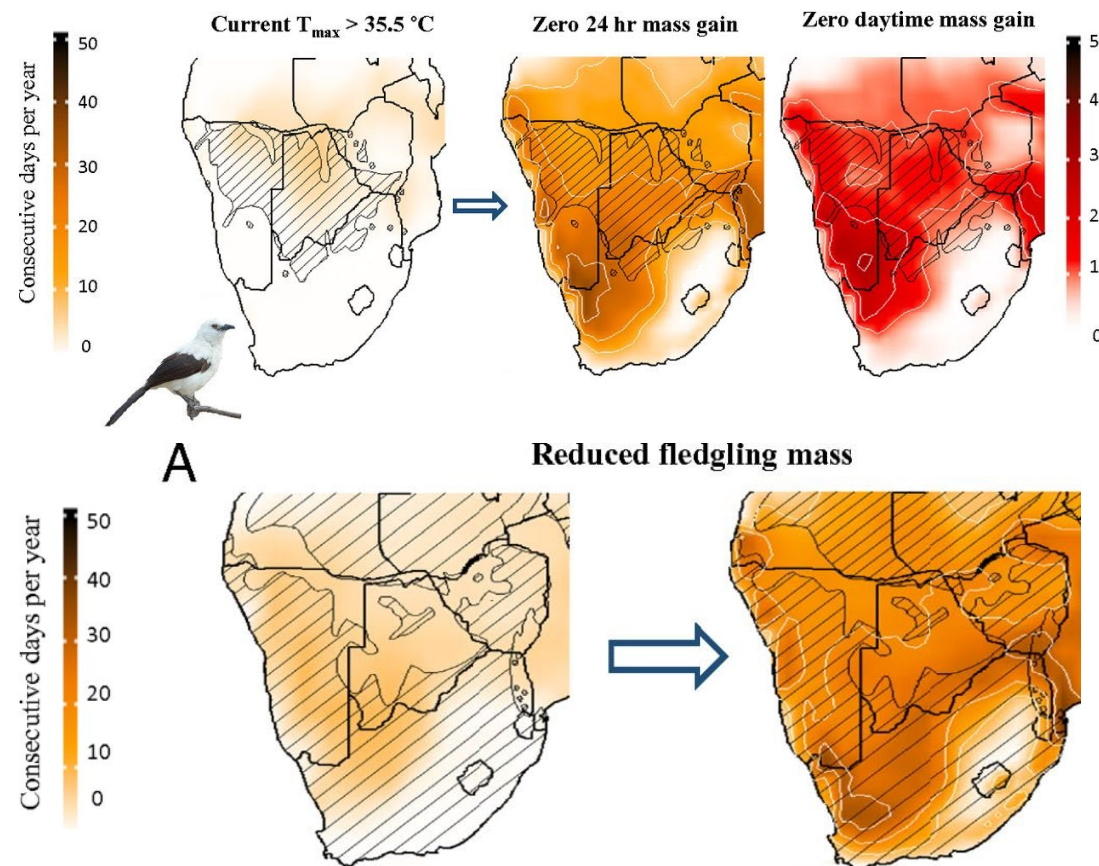
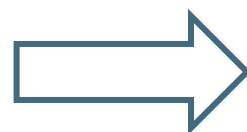
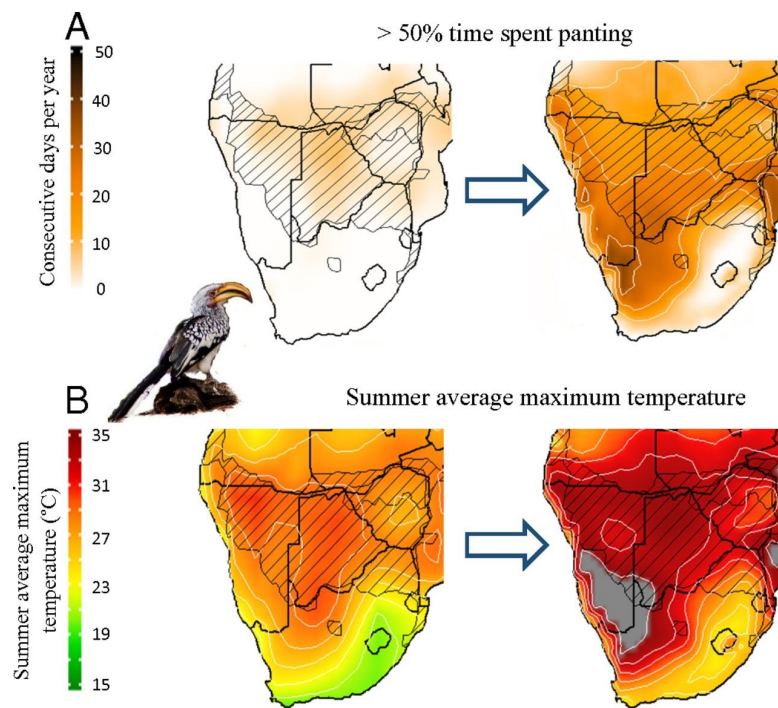
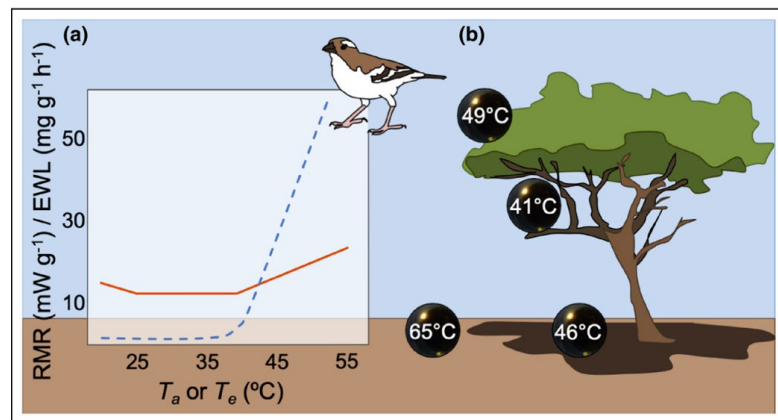
## ➤ Efectos letales: riesgo de deshidratación e hipertemia letal





# Impactos ecológicos de los eventos de temperaturas extremas y olas de calor.

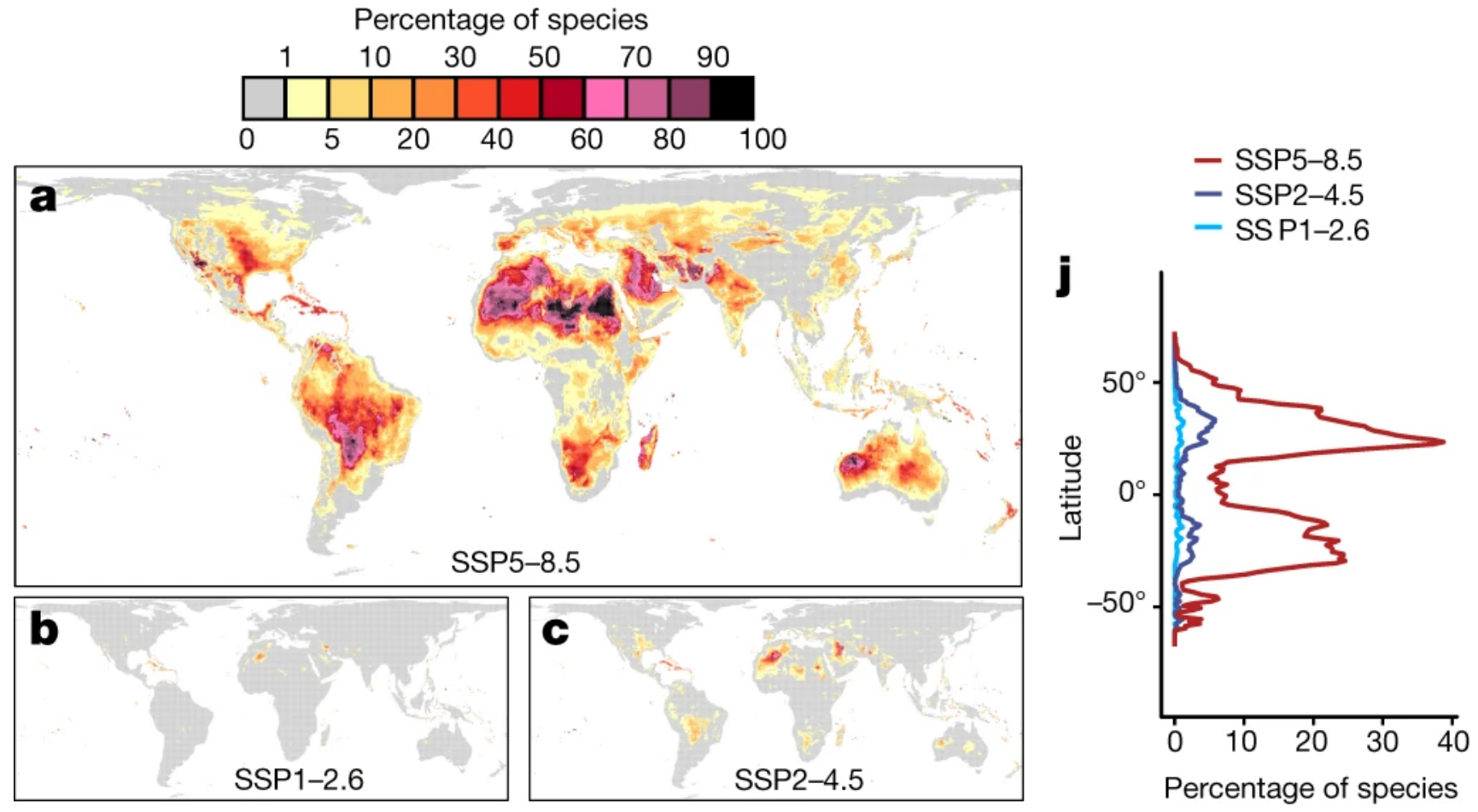
## ➤ Efectos subletales: comportamiento, condición corporal, éxito reproductor



La mayoría de evidencias provienen de especies de ambientes desérticos y subdesérticos

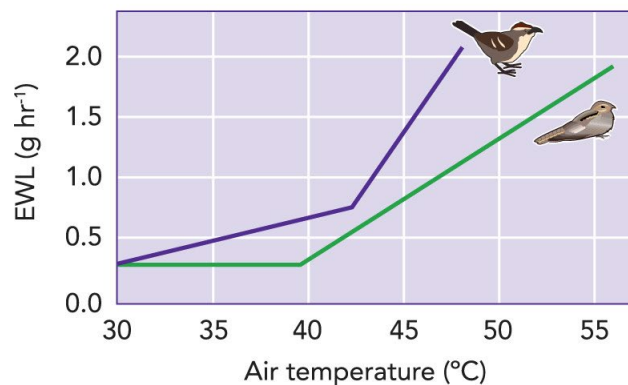
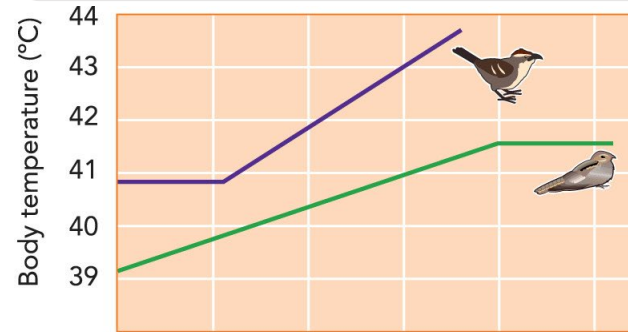
## Temperaturas extremas y olas de calor

- El porcentaje del rango de distribución de las especies de vertebrados terrestres expuesto a eventos de calor extremo se incrementará a lo largo de este siglo.
- En 2099, entre el 6.1% (SSP1-2.6) y el 41.0% (SSP5-8.5) de las especies se verán expuestas a dichos eventos en más del 50% de su área de distribución.
- **Los biomas de latitudes medias (desiertos, matorrales y pastizales) serán los más afectados.**



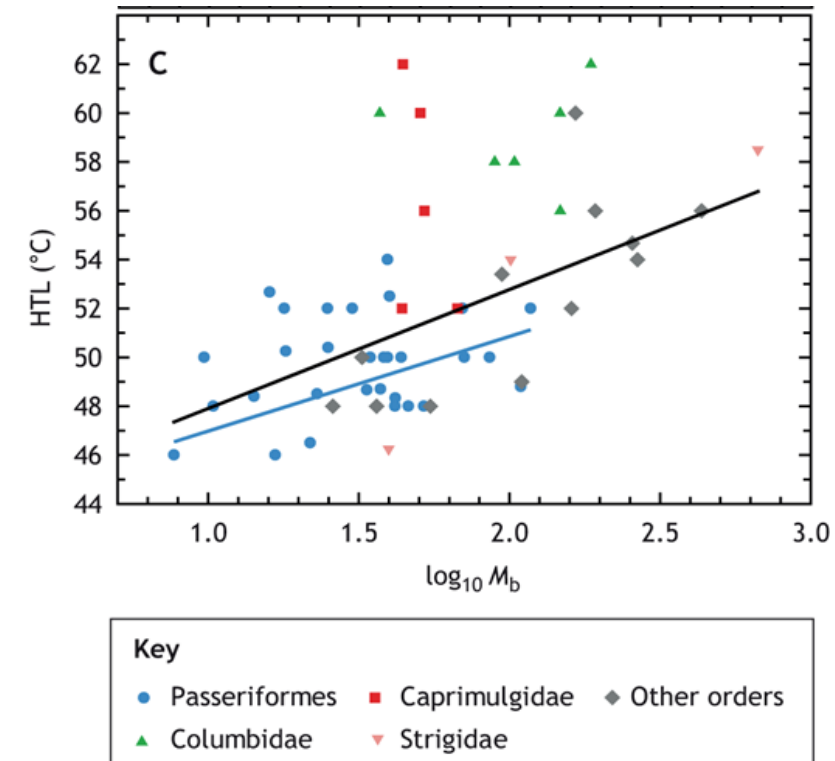


## Mecanismos fisiológicos y comportamentales de termorregulación a altas temperaturas y límites de tolerancia al calor en passeriformes mediterráneos



### Aves passeriformes especialmente vulnerables a las temperaturas elevadas

- Hábitos diurnos
- Baja masa corporal
- Elevada temperatura corporal
- Elevada tasas metabólica y pérdida de agua por evaporación (jadeo)
- Jadeo es costoso energéticamente: aumenta la producción de calor endógena y disminuye la eficiencia de enfriamiento evaporativo



McKechnie and Wolf. 2019 Physiology.  
<https://doi.org/10.1152/physiol.00011.201>  
 McKechnie et al. 2021 J. Exp. Biol.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.8263>

# Objetivos

© 2022. Published by The Company of Biologists Ltd | Journal of Experimental Biology (2022) 225, jeb244848. doi:10.1242/jeb.244848



## RESEARCH ARTICLE

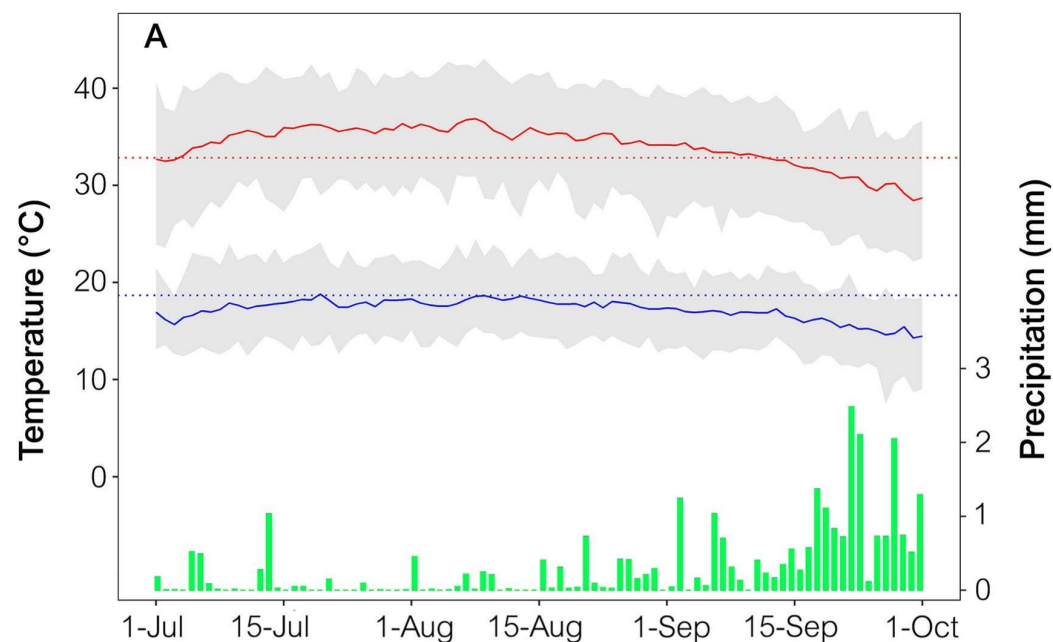
### Heat tolerance limits of Mediterranean songbirds and their current and future vulnerabilities to temperature extremes

Julián Cabello-Vergel<sup>1,\*</sup>, Erick González-Medina<sup>1</sup>, Manuel Parejo<sup>1</sup>, José M. Abad-Gómez<sup>1</sup>, Núria Playà-Montmany<sup>1</sup>, Daniel Patón<sup>2</sup>, Juan M. Sánchez-Guzmán<sup>1,3</sup>, José A. Masero<sup>1,3</sup>, Jorge S. Gutiérrez<sup>1,3</sup> and Auxiliadora Villegas<sup>1,3</sup>

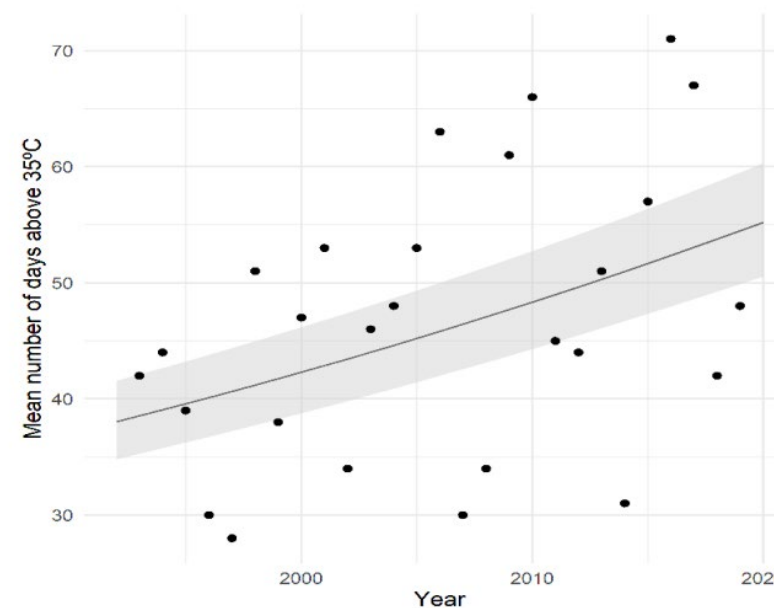
- 1. Determinar los límites de tolerancia al calor y la eficiencia de enfriamiento evaporativo en varias especies de passeriformes mediterráneos de pequeño tamaño (10-34 gramos), residentes en la Península Ibérica.**
- 2. Estimar su vulnerabilidad actual y futura frente a los extremos de calor utilizando diferentes indicadores:**
  - ▶ **Número de días por verano  $T_{max} >$  Temperatura umbral de incremento en la tasa metabólica (efectos crónicos subletales sobre la eficacia biológica)**
  - ▶ **Número de días por verano  $T_{max} >$  Límite de tolerancia al calor (riesgo de hipertermia letal)**
  - ▶ **Riesgo de deshidratación durante los días más calurosos**

## Área de estudio

- Badajoz (SO Iberia):** ▶ Tmax media verano  $31.8 \pm 2.1$  °C (registros máximos por encima de 46 °C)
- ▶ incremento significativo del número de días por encima de 35 °C



Maximum (solid red lines) and minimum (solid blue lines) averaged daily temperatures over 1990–2021 in Badajoz during (A) summer. Green bars indicate average daily precipitation. (González-Medina et al. 2023)



Number of hot days during summer ( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ) along the 1993–2019 period in the study area.



# Especies de estudio, captura y biometría



## Serín verdecillo

*Serinus serinus*

Mb = 10.17 g

N = 11



## Jilguero europeo

*Carduelis carduelis*

Mb = 12.77 g

N = 17



## Pinzón vulgar

*Fringilla coelebs*

Mb = 18.79 g

N = 21



## Verderón común

*Chloris chloris*

Mb = 21.66 g

N = 20



## Carbonero común

*Parus major*

Mb = 15.50 g

N = 16



## Gorrión común

*Passer domesticus*

Mb = 22.31 g

N = 18



## Gorrión moruno

*Passer hispaniolensis*

Mb = 24.45 g

N = 15

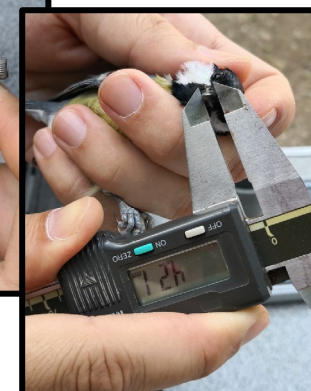


## Cogujada común

*Galerida cristata*

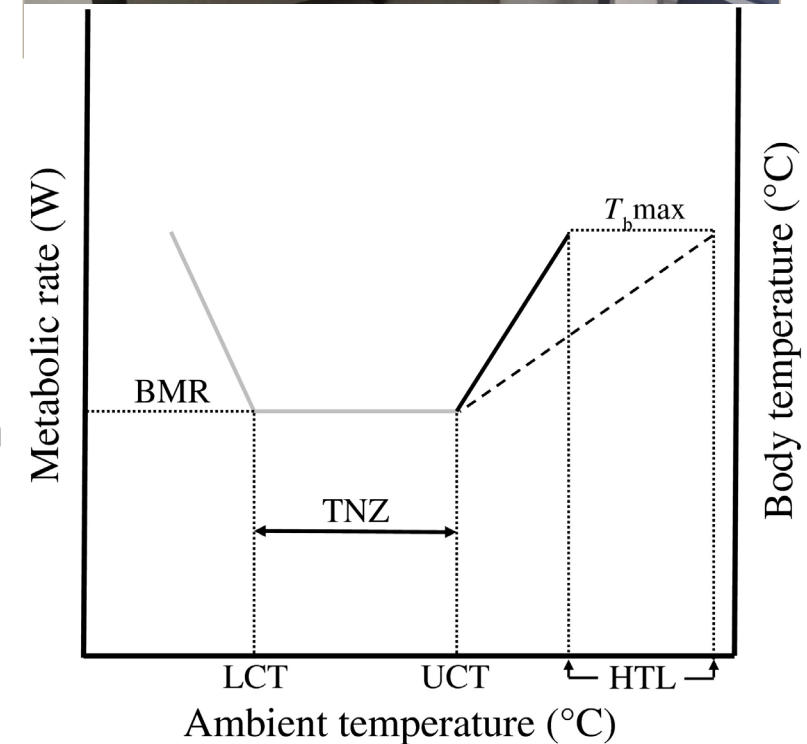
Mb = 33.55 g

N = 6



# Mediciones metabólicas

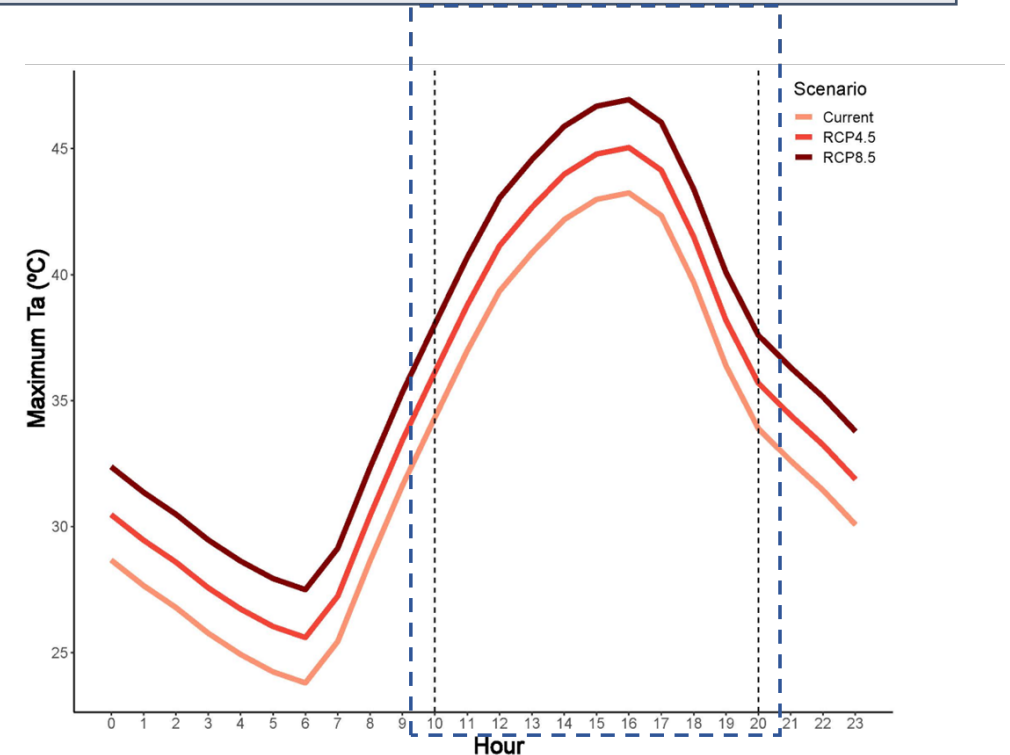
- **Determinación de los límites de tolerancia termal (HTL) y eficiencia de enfriamiento**
- ✓ **Protocolo estandarizado:** perfil escalonado de temperatura: 30 – 33 – 37 – 40 + 2 °C hasta alcanzar HTL
- ✓ **Respirometría de flujo abierto:** Medición la **temperatura corporal (T<sub>b</sub>)**, **consumo de oxígeno (RMR)**, y **pérdida de agua por evaporación (EWL)** a diferentes temperaturas.
- ✓ **Variables:** HTL, puntos de inflexión y pendiente de incremento en RMR y EWL, eficiencia de enfriamiento y alcance evaporativo (Whitfield et al. 2015).



# Cálculos de vulnerabilidad actual y futura a eventos de calor extremo

Datos diarios  $T_{max}$  en Extremadura (Jun-Sept) proyectados por 16 modelos climáticos regionales (resolución espacial  $\sim 12.5$  km) procedentes de EURO-CORDEX (<https://adaptecca.es/>):

- ▶ Actual (2006-2021)
- ▶ Futuro (2070-2010) RCP4.5 (+1.8 °C)
- ▶ Futuro (2070-2010) RCP8.5 (+3.7 °C)



**Número medio de días por verano para cada especie y periodo:**

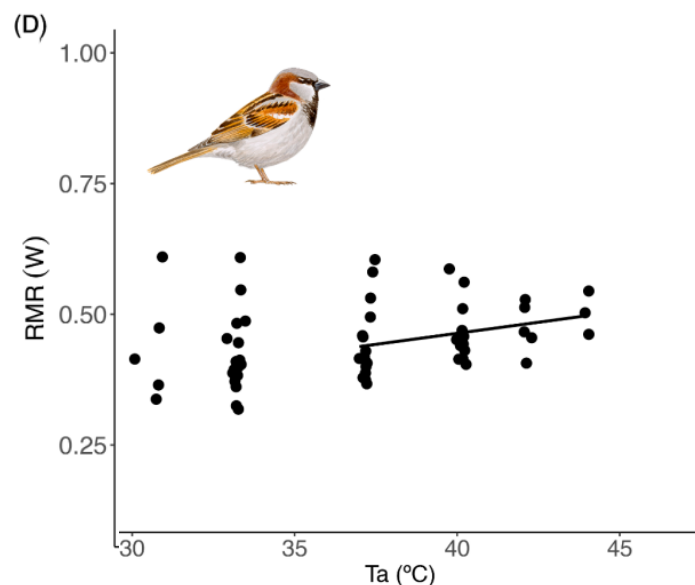
- ▶  $T_{max} >$  Punto inflexión RMR (efectos subletales)
- ▶  $T_{max} >$  HTL (riesgo hipertermia letal)

**Tiempo para que EWL acumulada sea superior al 15% Masa corporal (riesgo deshidratación).**

- ▶ Pérdida 15% Mb < 5 h  $\rightarrow$  riesgo moderado.
- ▶ Pérdida 15% Mb < 3 h  $\rightarrow$  riesgo severo.

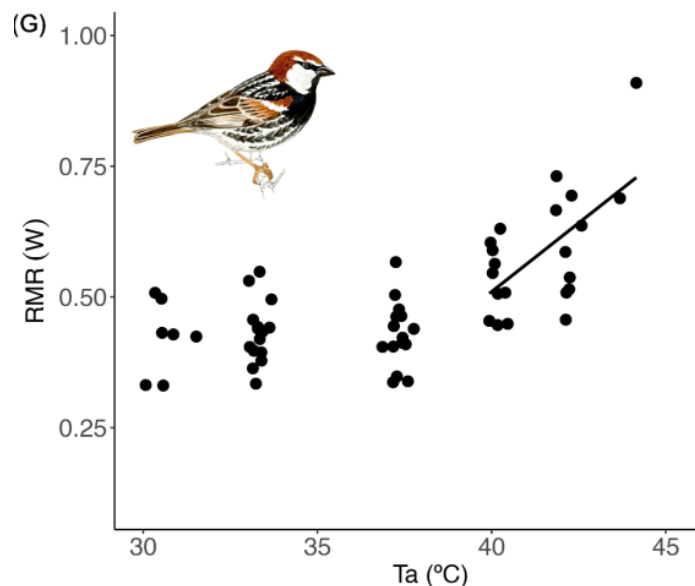


## Tasa metabólica de reposo (RMR)

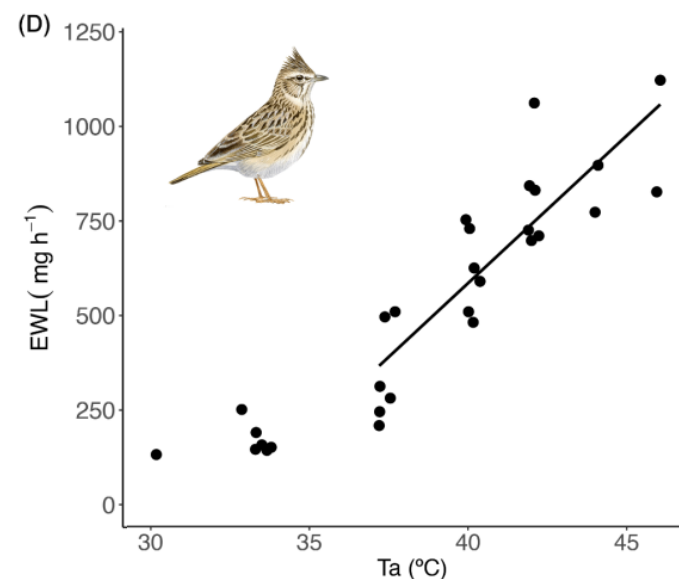


► Punto de inflexión:  
**34.16 – 37.60 °C**

► Pendientes por encima de Tuc (específica de masa) no difieren entre especies

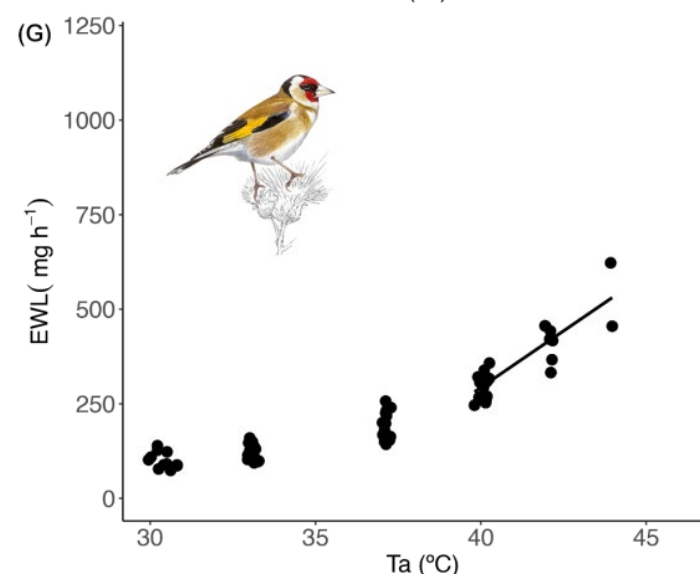


## Pérdida de agua por evaporación (EWL)



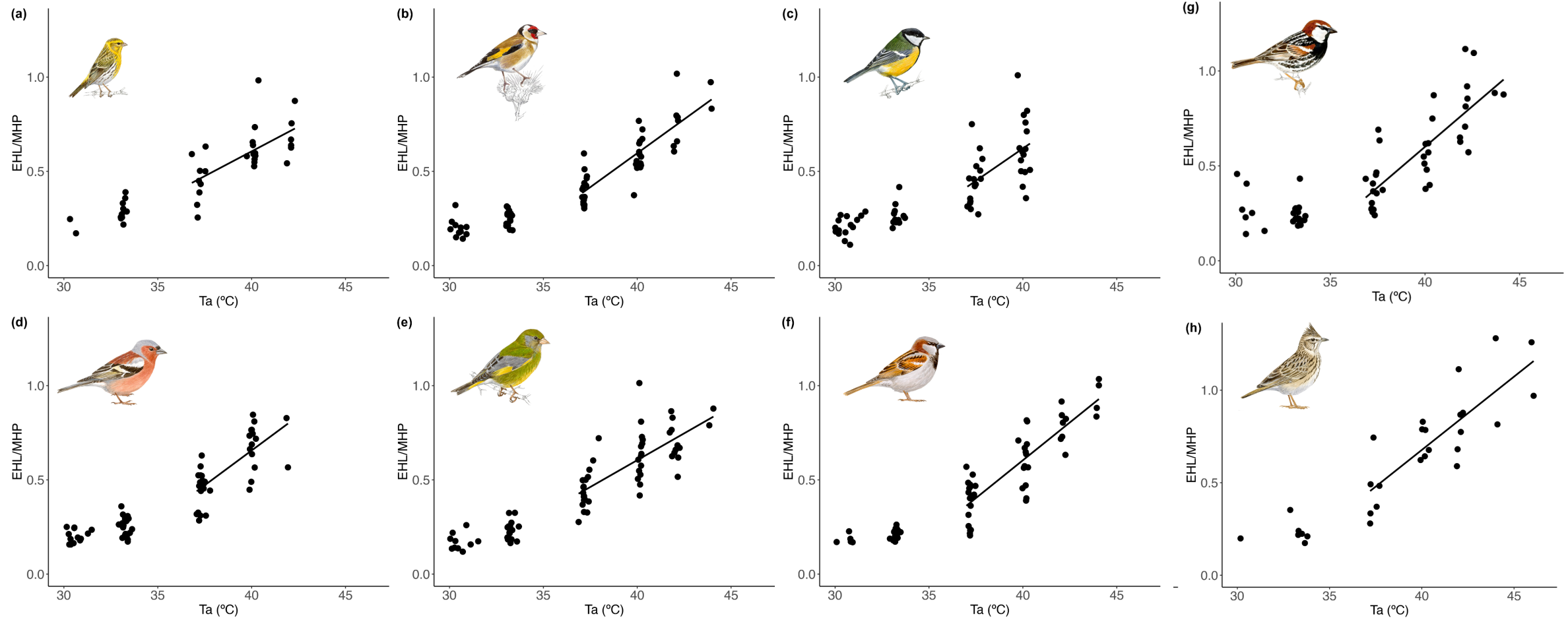
► Punto de inflexión:  
**34.53–38.32 °C**

► Pendiente (específica de masa) de incremento **mayor** en las especies más **pequeñas**



► Alcance evaporativo:  
**3.89 – 6.77**

## Eficiencia de enfriamiento evaporativo



► Valor máximo:  $0.62 \pm 0.17$  (Carbonero común) –  $1.11 \pm 0.21$  (Cogujada común)

► Relación positiva con la masa corporal

## Límites de tolerancia al calor (HTL)



**Serín verdecillo**

*Serinus serinus*

Mb = 10.17 g

**HTL: 42 °C**



**Carbonero común**

*Parus major*

Mb = 15.50 g

**HTL: 40 °C**



**Jilguero europeo**

*Carduelis carduelis*

Mb = 12.77 g

**HTL: 42-44 °C**



**Gorrión común**

*Passer domesticus*

Mb = 22.31 g

**HTL: 44 °C**



**Pinzón vulgar**

*Fringilla coelebs*

Mb = 18.79 g

**HTL: 42 °C**



**Gorrión moruno**

*Passer hispaniolensis*

Mb = 24.45 g

**HTL: 42-44 °C**



**Verderón común**

*Chloris chloris*

Mb = 21.66 g

**HTL: 42-44 °C**



**Cogujada común**

*Galerida cristata*

Mb = 33.55 g

**HTL: 46 °C**

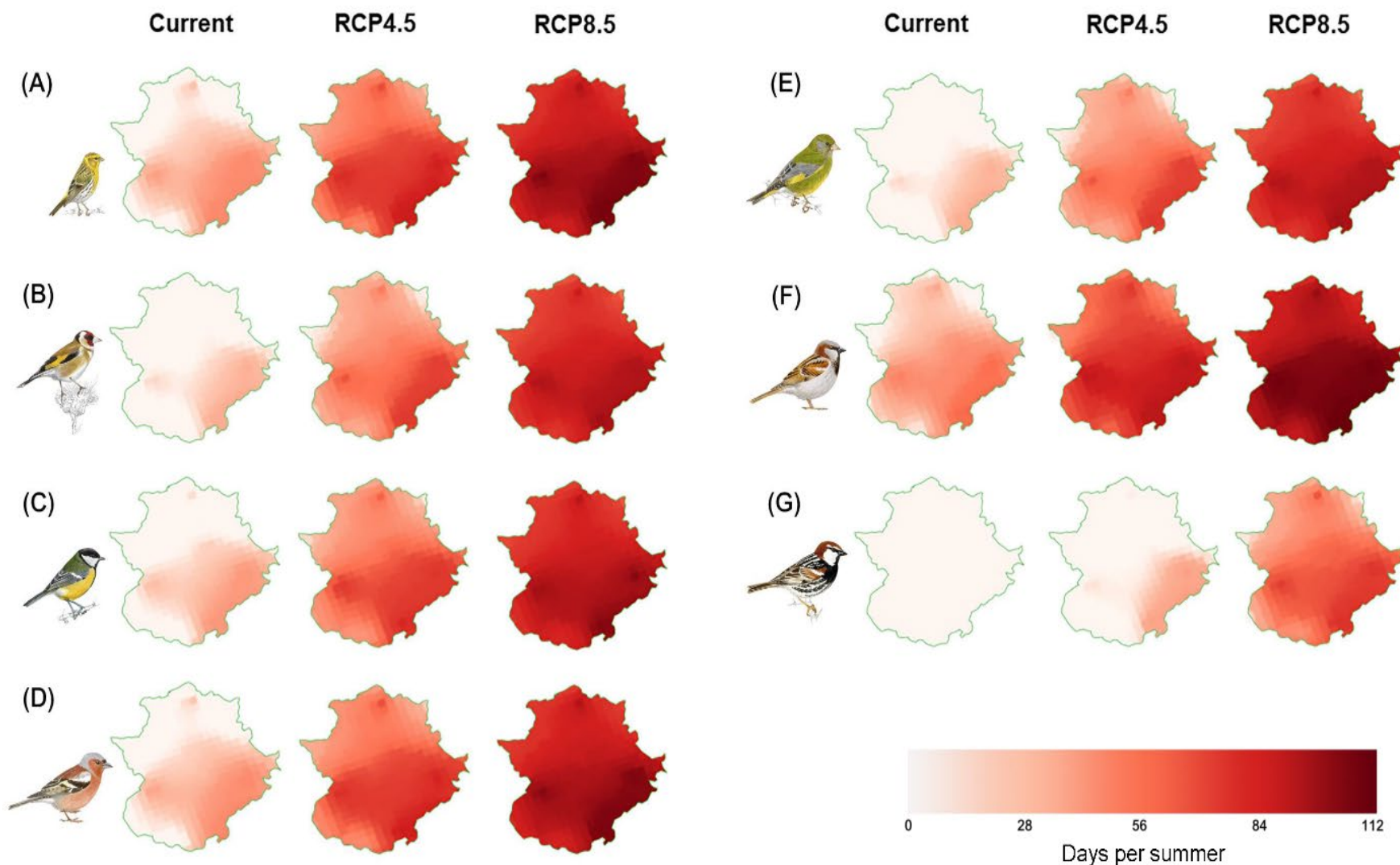
► **HTL: 40 – 46 °C**

► HTL no varía en función  
del tamaño o alcance  
evaporativo



## Vulnerabilidad actual y futura frente a las altas temperaturas

### ► Efectos crónicos subletales sobre la eficacia biológica ( $T_{max} > \text{Punto inflexión RMR}$ )



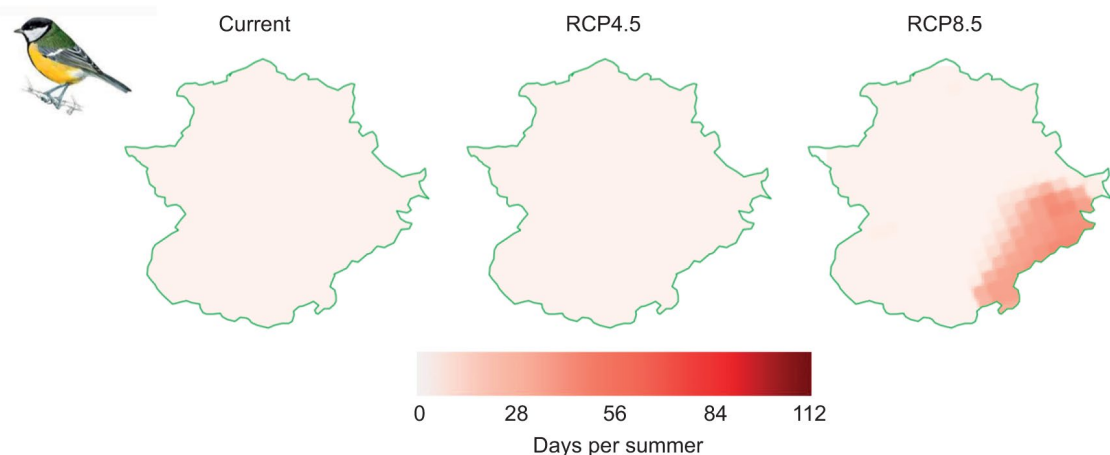
► Presente → 0 – 33 días

► RCP4.5 → 8 – 74 días

► RCP8.5 → 55 – 98 días

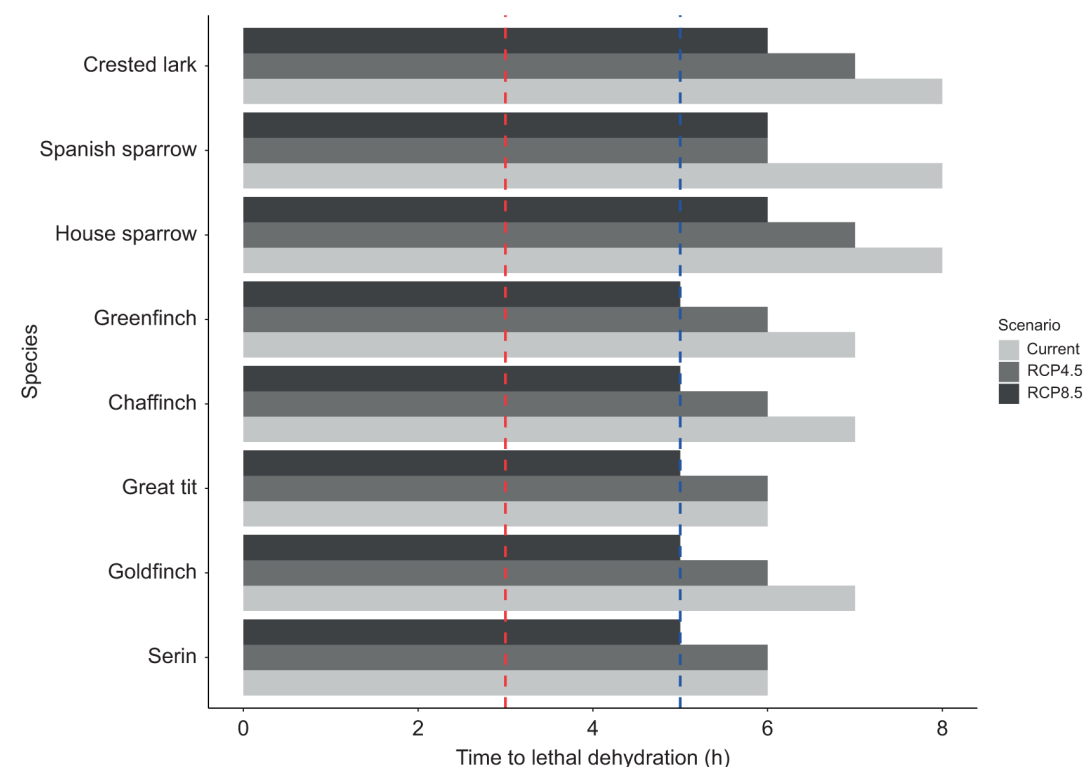
## Vulnerabilidad actual y futura frente a las altas temperaturas

### ► Riesgo de hipertemia letal ( $T_{max} > HTL$ ) y deshidratación



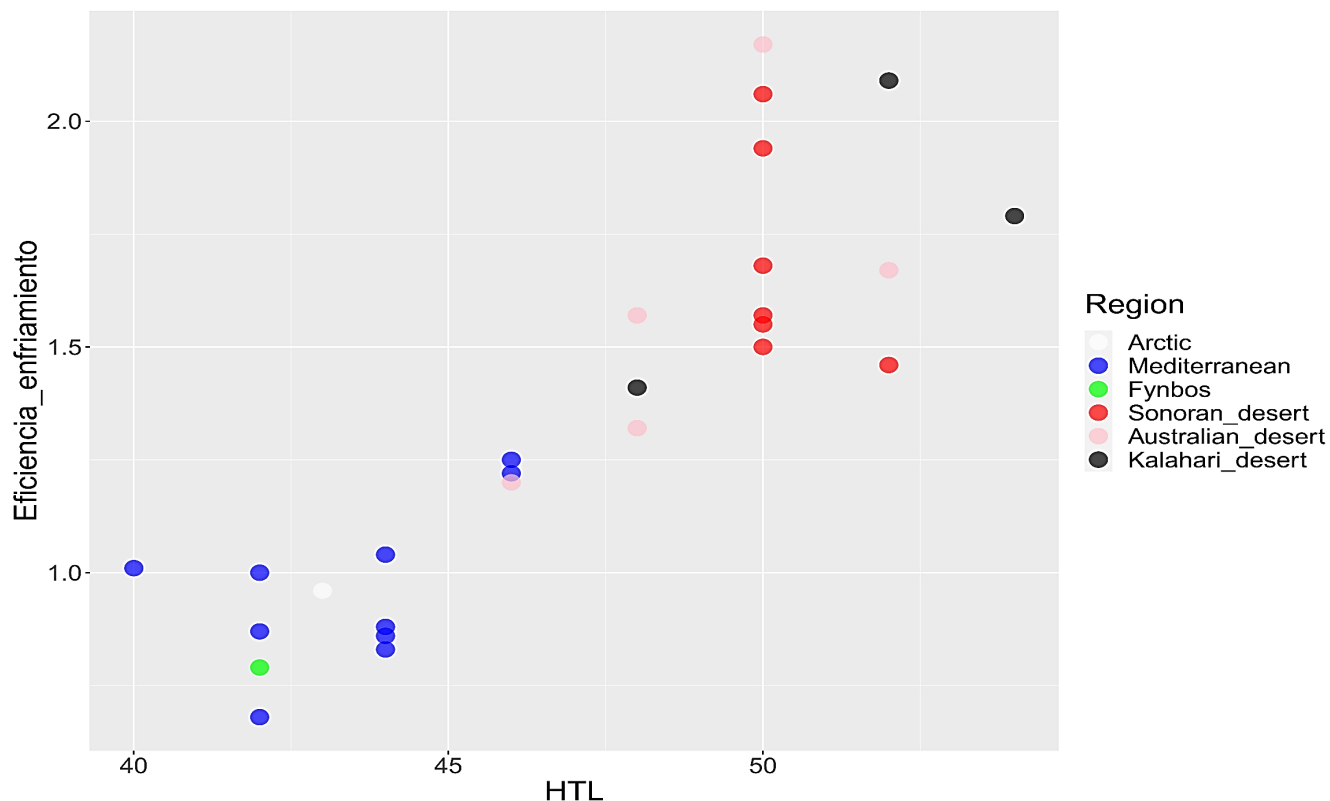
Únicamente el Carbonero común susceptible de sufrir **hipertermia letal** bajo el escenario RCP8.5.

Para 2070-2100 todas las especies (salvo las de mayor Mb) **riesgo moderado de deshidratación letal** (15% pérdida Mb < 5 h) durante días más calurosos bajo escenario RCP8.5.



- **Límite de tolerancia al calor** de passeriformes mediterráneos (40 - 46 °C):
  - ▶ similares especies tropicales (39 - 45.5 °C), templadas (39.6 - 45.9 °C) y circumpolares (43 °C) <sup>1,2</sup>.
  - ▶ inferiores especies de zonas áridas/desérticas (46—54 °C) <sup>3</sup>.

**Fuerte influencia del régimen de temperatura experimentado por especies en sus hábitats sobre su límite de tolerancia al calor .**



**Bajos HTLs** relacionados con:

- ▶ Mayor pendiente de incremento en la RMR y Tb con la temperatura ambiental.

**Mayor producción calor endógeno**

- ▶ Menor alcance evaporativo. **Eficiencias de enfriamiento limitadas.**

<sup>1</sup>, Pollock et al. 2020, Funct. Ecol. 35; <sup>2</sup>, O'Connor et al. 2021, Ecol. Evol. 11; <sup>3</sup>McKechnie et al. 2021 .



- Las especies que habitualmente forrajeen en espacios abiertos muestran mayores temperaturas de inflexión en la RMR que especies forestales y urbanas.

**Diferencias entre especies en el riesgo de sufrir efectos subletales asociados a la exposición a temperaturas en el rango de los 35 – 38 °C.**

Este **riesgo se verá incrementado bajo futuros escenarios de calentamiento climático**

- Ninguna de las especies estudiadas experimenta riesgo deshidratación o hipertemia letal en la actualidad.

**Incrementos futuros en temperaturas máximas (RCP8.5):**

- ▶ riesgo de hipertermia letal (~5 días  $T_{max} > HTL$ ) carbonero común (RCP8.5)
- ▶ **riesgo moderado deshidratación en días más calurosos**
- ▶ **especies pequeñas más vulnerables** (mayor pendiente masa-específica EWL)

# Muchas gracias

## Agradecimientos

The research presented in this thesis was conducted at the **Conservation Biology Research Group (GIC)** of the University of Extremadura.

We are grateful to the **State Meteorology Agency** for giving us access to climate data, and to two anonymous reviewers that improved the manuscript. We also thank **Juan Varela** for giving us **permission to employ bird illustrations in figures**.

This **research was funded** by the projects **IB18089** and **GR21081** (Junta de Extremadura and European Regional Development Fund).

JUNTA DE EXTREMADURA

Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital



UNIÓN EUROPEA  
FONDO EUROPEO DE  
DESARROLLO REGIONAL:  
UNA MANERA DE HACER EUROPA