

## MEMORIA ACTIVIDAD 5

### A5. Determinación de condiciones microclimáticas de los principales refugios y su posible modificación por el cambio climático.

#### INTRODUCCION.

Los efectos directos del cambio climático (alteración de patrones de  $T^a$  y precipitación) junto con los efectos indirectos (cambios en agricultura del entorno que aportan excedentes de riego) pueden tener su impacto sobre las colonias de quirópteros. Sin embargo, no se dispone de datos de las condiciones actuales seleccionadas por el murciélago patudo en las cuevas para comparar a largo plazo con los efectos del cambio climático.

Con este objetivo, se procedió a estudiar el régimen de condiciones ambientales de un refugio importante para la especie, en concreto de la Cueva de las Yeseras (Santomera, Región de Murcia), ya que al ser su titularidad de la Fundación ANSE, se facilitaba la instalación de los dispositivos registradores y su mantenimiento<sup>1</sup>.

#### METODOLOGÍA.

Entre el 7 de marzo de 2020 y el 2 de febrero de 2022 (697 días) se instalaron 4 data loggers modelo Elitech RC-51H, uno de ellos en el exterior y los otros 3 en diferentes puntos del interior de la cueva, entre ellos el techo donde suele formarse el enjambre de crías de la colonia de *Myotis capaccinii*.

Con el fin de comprobar el estado de las baterías y de descargar los datos almacenados, los 4 data loggers se sustituyeron por otros configurados de la misma forma en dos ocasiones, el 13 de diciembre de 2020 y el 6 de junio de 2021.

A lo largo de todo el estudio, se acumularon un total de 45.453 registros de  $T^a$  y humedad relativa en el exterior de la cavidad y 118.368 en el interior.

- 
- ✓ <sup>1</sup> El 1 de marzo de 2020 Se instalaron 3 data loggers en el interior de la Cueva del Agua de Torre Pacheco (Región de Murcia) aprovechando las visitas organizadas por el Ayuntamiento de esa localidad con motivo de una jornada de puertas abiertas. La intención era comprobar si la afluencia de visitantes afectaba de manera significativa el microclima del interior de esta cavidad, lo que podría repercutir sobre la colonia de cría de varias especies de murciélagos (incluida *Myotis capaccinii*). No obstante, los datos registrados no permitieron detectar ningún cambio significativo durante la realización de las visitas.



Detalle de uno de los data loggers utilizados en el estudio.

## RESULTADOS.

Como era de esperar, la  $T^a$  y la humedad relativa en el exterior variaron mucho más que en el interior de la cavidad. La amplitud térmica fue de  $41,4^{\circ}\text{C}$  ( $0,3 - 41,7^{\circ}\text{C}$ ) y la humedad osciló entre  $12,5$  y  $100,0\%$ . La  $T^a$  media anual en el exterior fue de  $19,5^{\circ}\text{C}$ , un valor muy próximo a la  $T^a$  media del mes de mayo (cuando se producen los partos de la especie), que fue de  $19,9^{\circ}\text{C}$ .

En contraste, como se ve en la gráfica siguiente, la  $T^a$  del interior de la cueva osciló tan solo entre un mínimo de  $13,1$  y un máximo de  $16,2^{\circ}\text{C}$  (amplitud térmica=  $3,1^{\circ}\text{C}$ ). Estas temperaturas son relativamente suaves en comparación con las que se registran en el exterior, y se mantienen más bajas debido a la configuración de la cueva, que tiene una sola boca y un recorrido básicamente descendente, lo que hace que el aire frío, más pesado, se acumule en su interior. Además, al tener una sola entrada, que encima se estrecha considerablemente antes de entrar en la sala principal, la circulación del aire se ve dificultada y se favorece por tanto el embolsamiento de aire más fresco en toda la cavidad.

Durante los dos años que se prolongó la toma de datos, se observó un patrón similar: la temperatura registró su valor mínimo en enero, para luego aumentar paulatinamente hasta alcanzar el máximo en octubre, momento a partir del cual cae de nuevo hasta llegar al mencionado valle de enero.

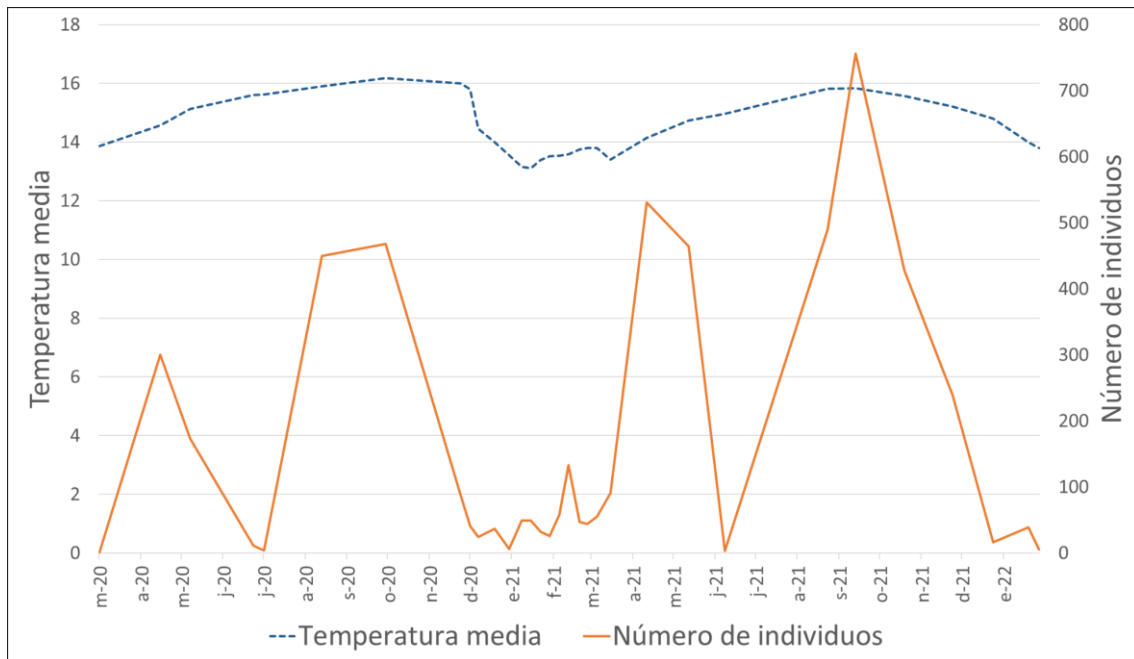


GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Variación de la temperatura en el interior de la cueva a lo largo del estudio y evolución de la abundancia de *Myotis capaccinii* durante el mismo periodo.

No hemos representado en la gráfica la humedad relativa porque, una vez puestos en marcha los data loggers, ésta se estabiliza en cuestión de minutos hasta llegar a la saturación (100 %) y no baja de este valor en ningún momento del año. Por el mismo motivo, desistimos de nuestra intención inicial de relacionar esta variable con los riegos en los cultivos de la superficie, ya que parece que la atmósfera de la cavidad se mantiene siempre próxima a la saturación, independientemente de la cantidad y la frecuencia de éstos. Sin embargo, queda abierta la incógnita de qué ocurriría con las condiciones microclimáticas en el interior de la cueva si cesaran los riegos de forma definitiva.

Respecto a cómo puede afectar el microclima y su variación a la abundancia de la especie que nos ocupa, al se observa que los máximos de abundancia de *Myotis capaccinii* coinciden precisamente con los máximos de  $T^a$  (septiembre y octubre) y, al contrario, uno de los mínimos de abundancia se registra en enero, coincidiendo con las temperaturas más bajas de la cavidad. Estas coincidencias nos podrían hacer pensar en una relación causal entre ambas variables, aunque los condicionantes de la ocupación de la cavidad deben ser más complejos que todo eso. Basta con comprobar que, junto a los dos antes mencionados, se detecta también un segundo máximo de abundancia en abril, coincidiendo con la formación de la colonia de cría, y otro mínimo en julio, cuando ésta se dispersa y la especie casi desaparece de la cueva. Ninguno de ambos extremos está relacionado con picos o valles térmicos, siendo además las temperaturas muy similares entre los dos últimos meses citados. Hay que señalar que los patrones descritos, tanto de temperatura como de abundancia y sus relaciones, se han repetido de forma cíclica durante los dos años que se prolongó la toma de datos.

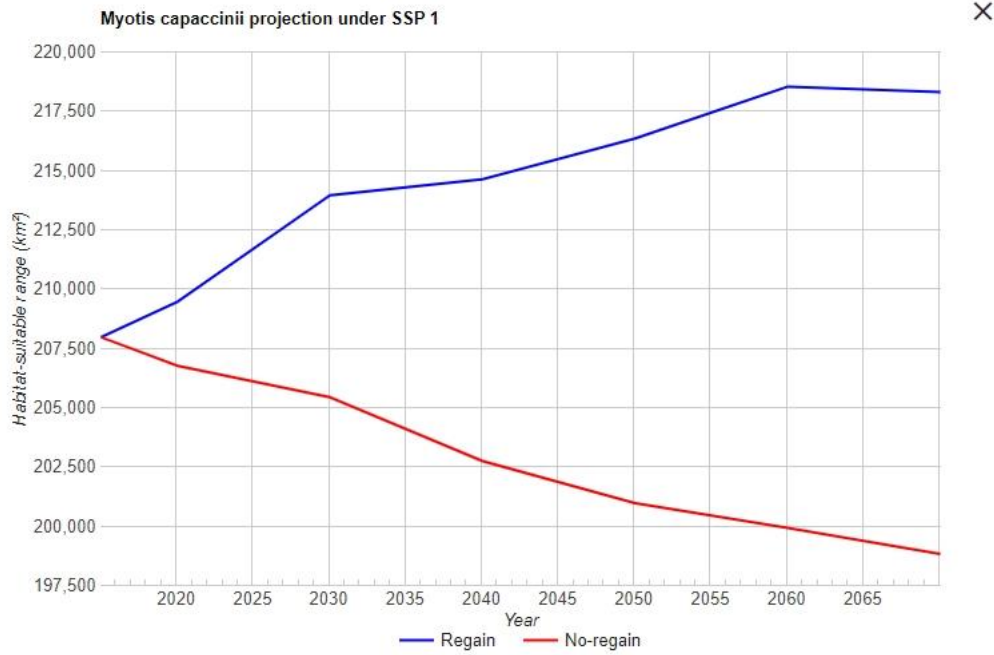
La temperatura media anual de la cueva, 14,5 °C, fue muy próxima a la temperatura media del mes de mayo en 2020 y 2021 (14,9 °C), mes en el que se producen los partos. Esta temperatura puede parecer baja para esta fase del ciclo biológico de la especie, muy inferior al óptimo que

señalan algunos autores. Sin embargo, la asociación de *Myotis capaccinii* en esta cavidad con *Miniopterus schreibersii*, mucho más abundante que aquella, podría ayudar al mantenimiento de una temperatura más elevada en los enjambres donde se concentran ambas especies. De ser así, la persistencia de esta colonia de cría dependería en buena medida de la conservación de la especie acompañante, el Murciélago de cueva. Esto demuestra además la importancia de evitar episodios continuados de molestias en el interior del refugio, como los detectados en la primavera de 2021, que se sospechan responsables del fracaso reproductor de *Miniopterus schreibersii* esa temporada, debido a la influencia que la desaparición de esta especie podría tener sobre la reproducción de *Myotis capaccinii*.

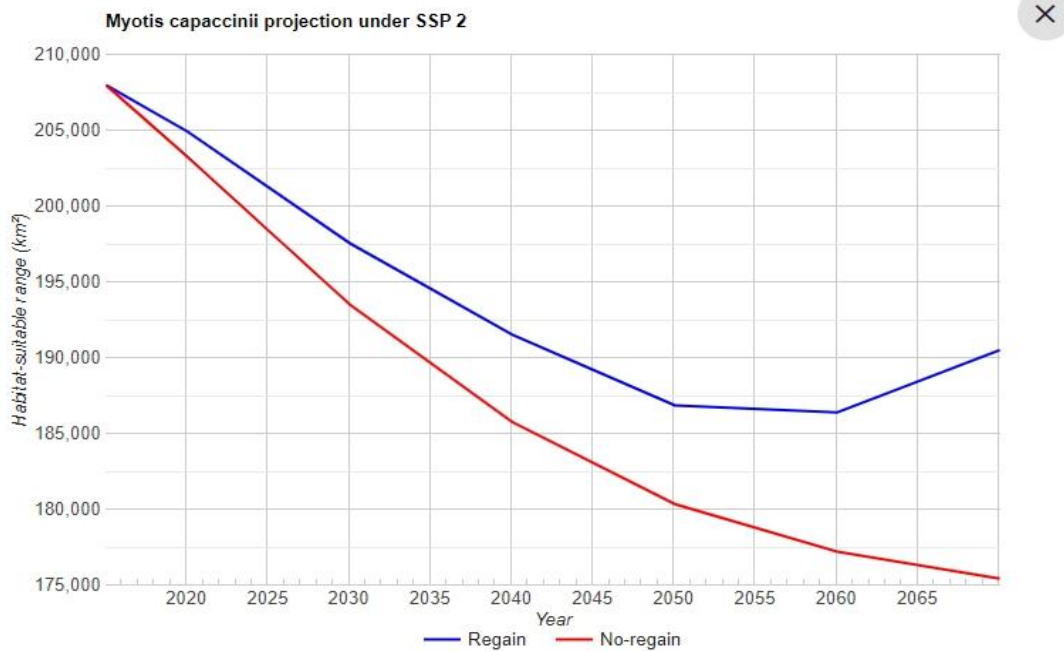
## PROTOCOLO DE ALERTA TEMPRANA.

El cambio climático puede modificar las condiciones microclimáticas dentro de los refugios, lo que a su vez puede afectar a las fases más cruciales del ciclo biológico de muchas especies de murciélagos, como son la reproducción o la hibernación (Rebelo et al., 2009). Bilgin et al. (2012) predicen una retracción del área de distribución de *Myotis capaccinii* en el este de Europa durante los próximos 80 años debida al cambio climático. Al tratarse de una especie con un areal ya de por sí bastante restringido y cuyas poblaciones se consideran en regresión, dicha contracción supone una grave amenaza para su supervivencia en esa zona geográfica. Al área de distribución restringida se unen su carácter estrictamente cavernícola (lo que le hace depender de un tipo de refugio de baja disponibilidad), su particular forma de cazar, el carácter escasamente migratorio y la dependencia para alimentarse de hábitats acuáticos (que serán unos de los más afectados por el calentamiento global), todos ellos factores de riesgo que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad ante el cambio climático (Bilgin et al., 2012; Sherwin et al., 2012). *Myotis capaccinii* parece, pues, una de las especies ibéricas con mayor potencial bioindicador del riesgo del cambio climático (Flaquer et al., 2012).

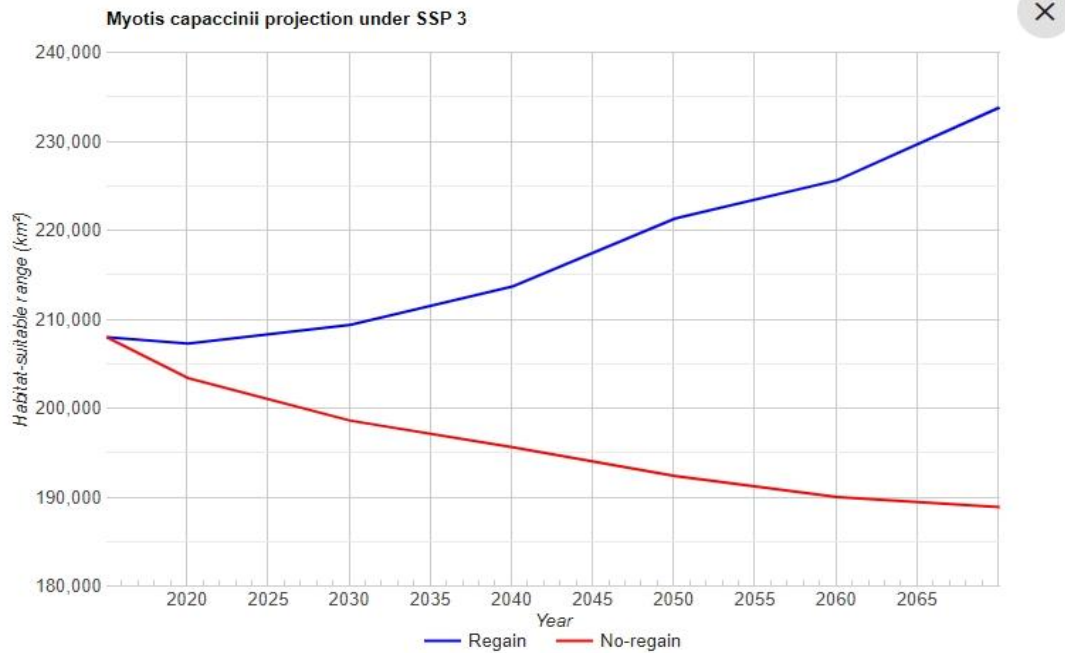
Las proyecciones sobre su evolución ofrecidas por la web Map of Life (<http://mol.org>; Marsh et al., 2021) confirman estas previsiones. Las gráficas siguientes muestran cómo evolucionará la superficie de hábitat adecuado para la especie en las próximas décadas. En cualquier de los 4 escenarios socioeconómicos de cambios en el uso del suelo considerados (Powers y Jetz, 2019), y bajo la premisa de que un hábitat que pierde su idoneidad no vuelve nunca a recuperarla (asunción “no regain”), lo cual suele ser la norma cuando desaparecen refugios subterráneos o zonas húmedas, la superficie de hábitat adecuado para *Myotis capaccinii* se reducirá sensiblemente en los próximos decenios.



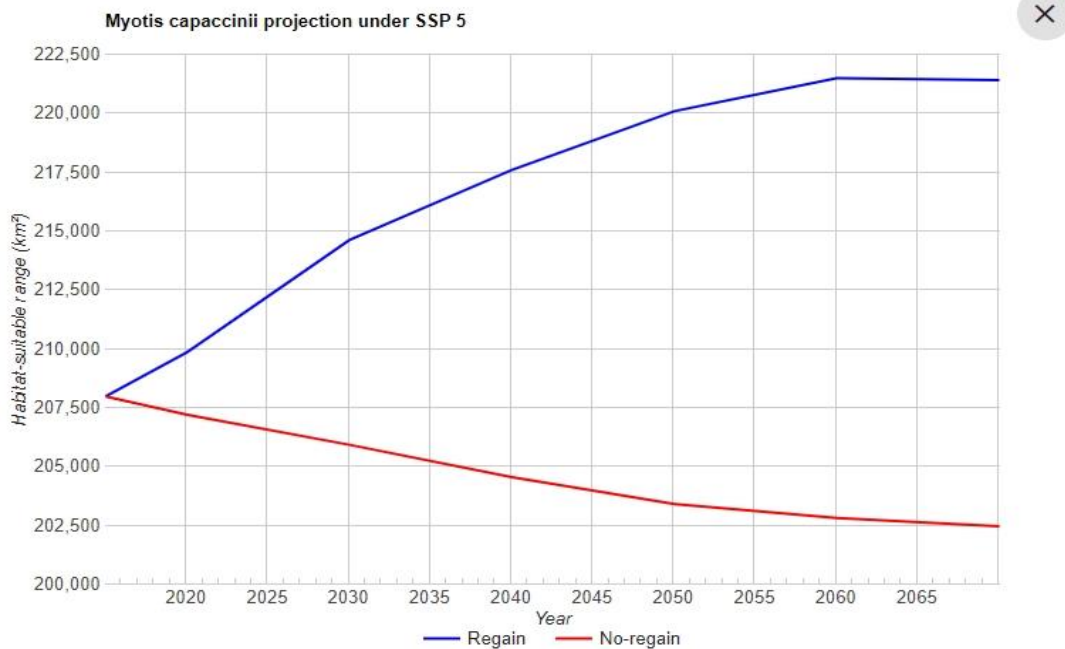
Proyección de la superficie de hábitat apropiado para *Myotis capaccinii* hasta 2070 según el escenario socioeconómico SSP1. Fuente: <https://mol.org>.



Proyección de la superficie de hábitat apropiado para *Myotis capaccinii* hasta 2070 según el escenario socioeconómico SSP2. Fuente: <https://mol.org>.



Proyección de la superficie de hábitat apropiado para *Myotis capaccinii* hasta 2070 según el escenario socioeconómico SSP3. Fuente: <https://mol.org>.



Proyección de la superficie de hábitat apropiado para *Myotis capaccinii* hasta 2070 según el escenario socioeconómico SSP5. Fuente: <https://mol.org>.



A la vista de estas predicciones, se hace necesario proponer los siguientes indicadores, cuya puesta en marcha y seguimiento permitan alertar sobre posibles afecciones en la idoneidad de los refugios como consecuencia del calentamiento global. Estos indicadores deberían aplicarse primero y de forma experimental, en la Cueva de las Yeseras, por tratarse del refugio para el que contamos con mayor volumen de datos sobre microclima y abundancia, que nos ofrecen una situación de partida razonable sobre la que establecer comparaciones:

- Seguimiento continuado de la evolución de la abundancia a lo largo del año, realizando censos mensuales. Objetivo del indicador: detectar posibles tendencias regresivas respecto a la situación de base, que establecemos en 2020-2021.
- Registro continuado de variables microclimáticas en el interior y exterior de la cavidad (al menos T<sup>a</sup> y humedad relativa, aunque se recomienda muestrear también otras variables, como la concentración de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y Radón). Objetivo del indicador: comparar con la situación de base, establecida en 2020-2021, para verificar si se registran desviaciones significativas de los ciclos de evolución anual de las variables medidas, que puedan estar detrás de posibles cambios en la abundancia de la especie o en la significación biológica del refugio (cría, hibernación, etc...).
- Estudio de la condición física de los ejemplares que utilizan el refugio y su variación a lo largo del año. Objetivo del indicador: correlacionar variaciones en la condición física con cambios en las variables microclimáticas.
- Número de hembras que se reproducen con éxito. Objetivo del indicador: correlacionar variaciones en el éxito reproductor con cambios en las variables microclimáticas.
- Supervivencia de los juveniles. Objetivo del indicador: correlacionar la probabilidad de supervivencia de los jóvenes nacidos cada temporada de cría con cambios en las variables microclimáticas.
- Fecha de los primeros partos. Objetivo del indicador: correlacionar variaciones en la fenología reproductiva de la especie con cambios en las variables microclimáticas.

## BIBLIOGRAFIA.

Bilgin, R., Keşişoğlu, A. & Rebelo, H. (2012). Distribution Patterns of Bats in the Eastern Mediterranean Region Through a Climate Change Perspective. *Acta Chiropterologica*. 14(2). 425–437.

Flaquer, C., Puig-Montserrat, X., López-Baucells, A., Mas, M. & Arrizabalaga, A. (2012). *Els Quiròpters com a bioindicadors dels impactes del canvi climàtic a Catalunya*. Museu de Granoller, Galanhus, Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Marsh, C. J. et al. (2021). Expert range maps of global mammal distributions harmonised to three taxonomic authorities. *Journal of Biogeography*, 2022;00:1–14. DOI: 10.1111/jbi.14330.

Powers, R. P. & Jetz, W. (2019). Global habitat loss and extinction risk of terrestrial vertebrates under future land-use-change scenarios. *Nature Climate Change*, 9(4), 323–329. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0406-z>.

Rebelo, H., Tarroso, P. & Jones, G. (2009). Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02021.x

Sherwin, H. A., Montgomery, W. I. & Lundy, M. G.. (2012). The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review* doi: 10.1111/j.1365-2907.2012.00214.x