

# Hoja Informativa AELS

## Estudiando los ríos de Zamora

### 3. El régimen térmico del río Negro. El estiaje extremo limita las condiciones ecológicas para la biodiversidad.

**E**l río Negro tiene una clara deficiencia de caudal en todos los meses del año, desde hace al menos una década; pero además en el verano tiene una grave complicación para el funcionamiento de las comunidades biológicas con el excesivo aumento de la temperatura del agua. Su tipología ecológica se definió en su momento como de «ríos salmonícolas con aguas frías, ácidas y muy oxigenadas»; pero esto hay que revisarlo con urgencia.

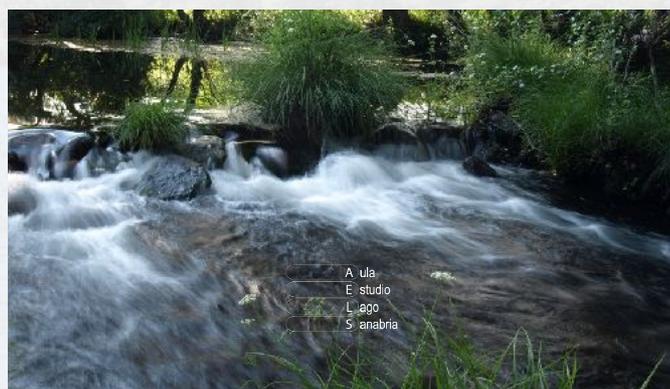
La temperatura del agua está controlada en gran medida por la ambiental; y, además hay una parte de control de origen endógeno a partir de los posibles aportes desde las surgencias o los afluentes (que son nulos en este caso), y sobre todo por el nivel de sombreado que le propicia la aliseda. La aliseda es el auténtico «salvavidas y parasol» para el agua.

La sombra de los alisos evita que el sol caliente más el agua, y ésta salga del rango que marca las características salmonícolas. Y a la vez, al evitar el sobrecalentamiento del agua, favorece una mayor oxigenación del agua.

Por encima de 18-20 °C la difusión del oxígeno desde el aire empieza a tener limitaciones físico-químicas, y comienza a ser limitante para los seres vivos acuáticos que sólo respiran el contenido de oxígeno que está disuelto.

Benson & Krause (1980) midieron la solubilidad del gas oxígeno para el agua pura en un rango desde 16,6 mg/L cuando está a 0 °C, hasta 6,4 mg/L para 40 °C, [en condiciones de presión ambiental normal y aire saturado de vapor].

Un rango deseable de oxígeno disuelto para soportar la vida animal exigente con este parámetro (10 - 8 mg/L), y por lo tanto especializada en determinados tramos del río que pueden conservar esta propiedad, por lo tanto, sólo es posible en condiciones de temperaturas estivales habituales de hasta 20°C, y con máximos breves de hasta 22 °C.



## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.



A ula  
E studio  
L ago  
S anabria

A ula  
E studio  
L ago  
S anabria

Con el agravante de que al escasear los caudales durante todo el verano el movimiento del agua en los rápidos es menor, o casi nulo; es decir que apenas hay turbulencia en la corriente. Y por lo tanto la difusión del oxígeno desde el aire hacia el agua es muy baja.

La combinación de estos factores durante varios meses del verano resulta fatal. El agua caliente y parada es todo lo contrario a las necesidades de los seres acuáticos más exigentes que caracterizan la fauna del río Negro: las náyades y las truchas.

### Régimen térmico del río Negro

#### Material y metodología.

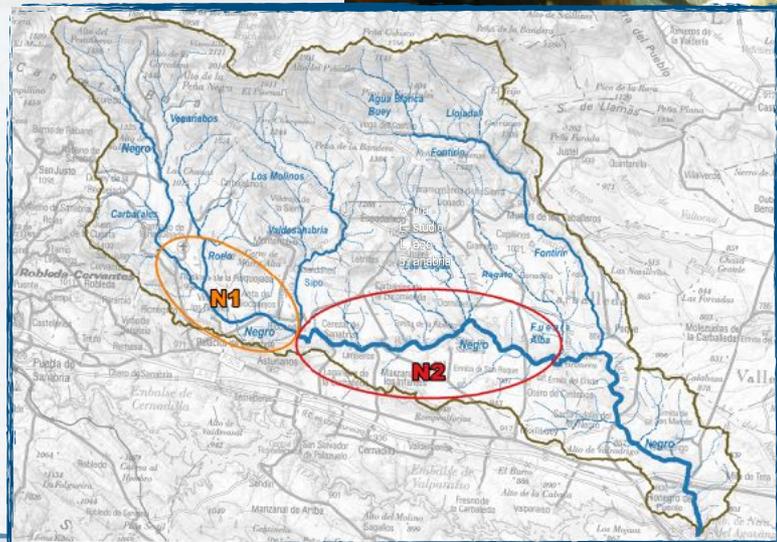
**P**ara caracterizar el perfil térmico en la época más limitante para la ecología del río se disponen desde 2019 dos termómetros datalogger sumergidos, a la sombra y en la orilla, en dos puntos del cauce.

Miden la temperatura cada 10 minutos y almacenan promedios, máximas y mínimas horarias de dicho parámetro.

Para completar un total de 24 datos (y su rango) al día.

Uno se coloca situado en la zona alta de cabecera (Negro1, N1: 970 m de altitud), y otro en el valle medio (Negro2, N2: 850 m de altitud).

Figura 1. Mapa de localización



A ula  
E studio  
L ago  
S anabria



A ula  
E studio  
L ago  
S anabria

Hoja informativa AELS N° 17 / ISSN 2530-562X

CC BY-NC-ND

3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

El punto de toma de temperatura del agua situado en el valle medio arroja unos datos cada año más preocupantes, fuera de los rangos de seguridad para la fauna más sensible; y el punto de la zona de cabecera permanece al límite de estos rangos de seguridad para la necesaria oxigenación del agua en los tramos considerados salmonícolas.

Resultados del ciclo anual.

**P**ara conocer el régimen térmico del río en el periodo más importante para la fauna del río, en especial de las náyades, se monitoriza en los dos puntos indicados desde el mes a abril a octubre; aunque con distintos números de días de activación según el año. Para las máximas diarias se encontró una mayor amplitud de la oscilación y variación de los datos [DTmx:  $3,3 \pm 1,4$  °C; rango: 0,5-5,7 °C]. Mientras que para las mínimas resultó también muy variable y de gran amplitud [DTmn:  $2,3 \pm 1,2$  °C; rango: 0-4,2 °C]. También se pudo

comprobar cómo la oscilación en el rango de temperaturas resultó más baja en N1 que en N2 ( $1,7 \pm 0,5$  frente a  $2,7 \pm 0,8$  °C, respectivamente).

La línea de promedios para los cinco años en la estación de muestreo térmico N2 muestra un patrón unimodal que alcanza casi 22 °C, que se produce a finales de julio; aunque existen otros momentos del verano con valores muy próximos. Mientras que las temperaturas máximas más elevadas se producen a partir de mediados de julio hasta mediados de agosto, durante casi 30 días. En los valores promediados se observan temperaturas superiores a 18 °C a partir de mediados de junio y hasta el inicio de septiembre.

En N2 las temperaturas habituales durante todos los meses de verano superaron los umbrales de valores óptimos para la fauna, y salvo en septiembre resultó habitual superar el umbral de punto crítico.

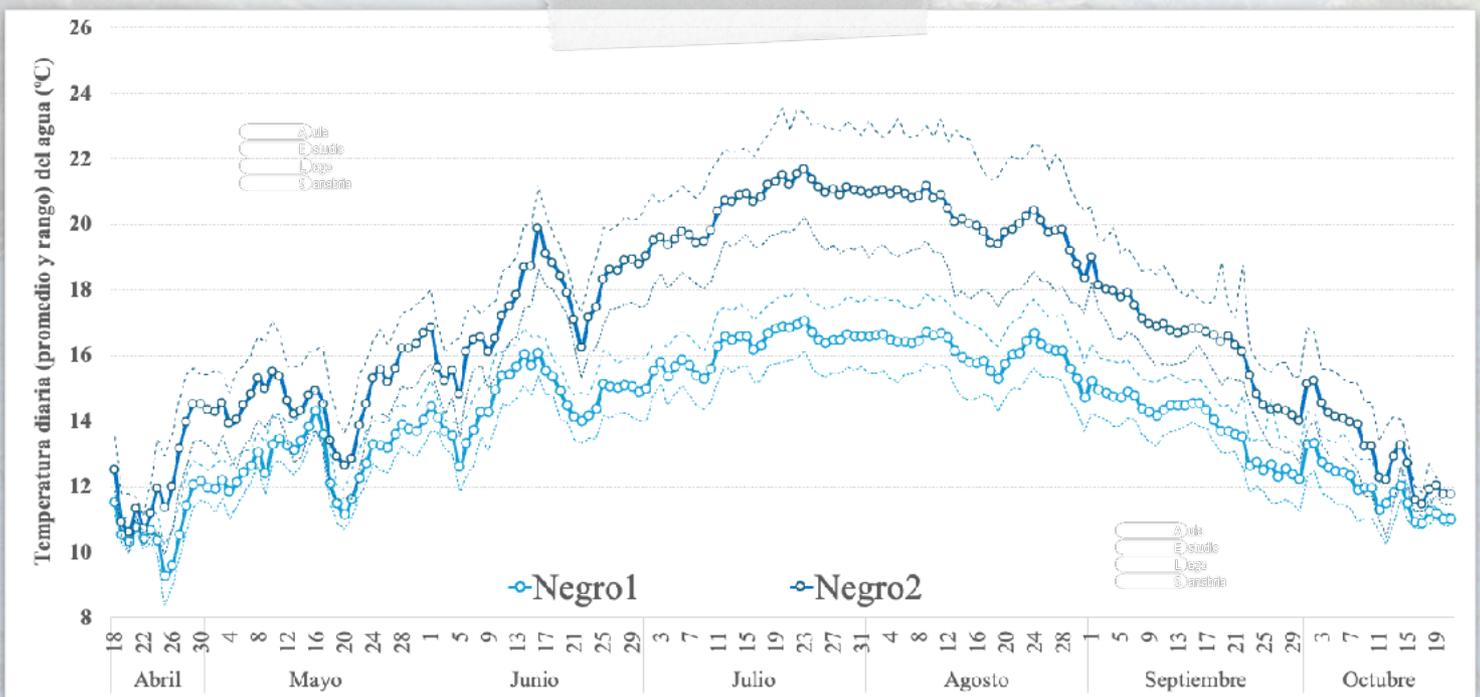


Figura 2. Régimen térmico del río Negro (2019-2023) en los dos puntos de muestreo. Los puntos indican promedios diarios, y se muestra el rango de oscilación diaria (max-min).

Hoja informativa AELS N° 17 / ISSN 2530-562X



## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

Por el contrario, en la estación térmica N1 tanto los valores promedio como las máximas se mantienen todo el verano por debajo de los 18 °C; siendo el patrón multimodal con numerosos momentos en los que los promedios superaron 16 °C y los

valores máximos se aproximan a 18 °C. En N1 el rango de valores para los promedios, máximas y mínimas resultó similar (7,8°C) en el periodo del año estudiado (187 días, de 4 de abril a 21 de octubre), mientras que en N2 el rango para los promedios

fue de 11 °C, para las máximas de 12,4 °C y para las mínimas de 10,3 °C.

Estos valores no son propios de la tipología fluvial del río Negro

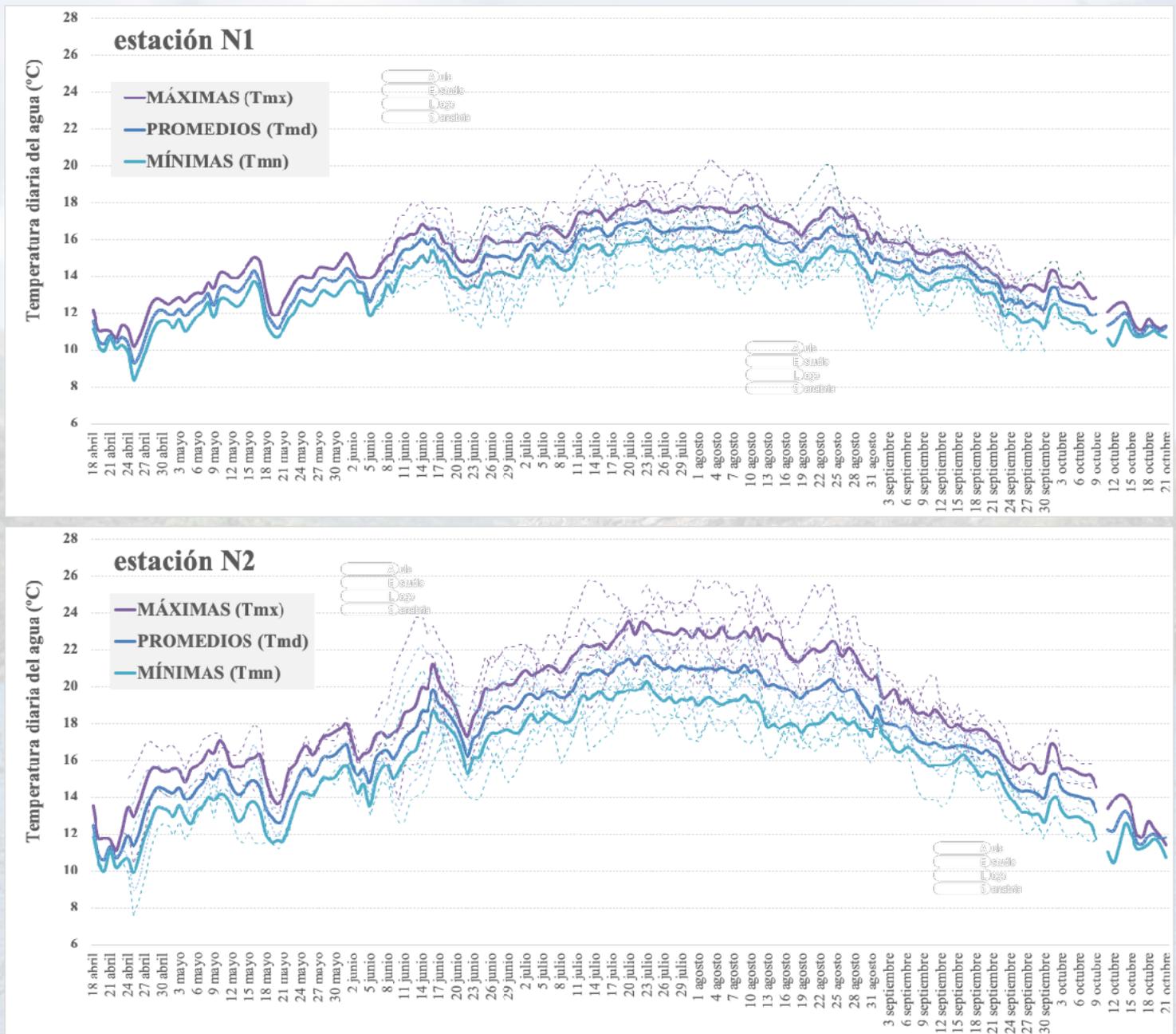


Figura 3. Régimen térmico del río Negro (2019-2023) comparado para las dos estaciones de muestreo; indicando los valores promedio de las máximas (Tmx), la media diaria (Tmd) y el promedio de los valores mínimos horarios

## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

Las diferencias entre ambas estaciones se aprecian sobre todo a partir del mes de mayo y hasta mediados de octubre. Fuera de este periodo existe una diferencia mucho menor entre ambos puntos de toma de datos; coincidiendo esta mayor uniformidad térmica con la menor temperatura ambiental y el periodo en el que la aliseda presenta menor cobertura de hojas.

La oscilación promedio del régimen térmico en las dos estaciones resultó ser de DTdm:  $2,8 \pm 1,2$  °C (rango: 0,3-4,7 °C) en un recorrido de 19,87 km, lo que ofrece un gradiente longitudinal de 0,14 °C/km.

El desnivel de cotas entre las estaciones es de 90 m, lo que ofrece un gradiente vertical de 0,03 °C/m.

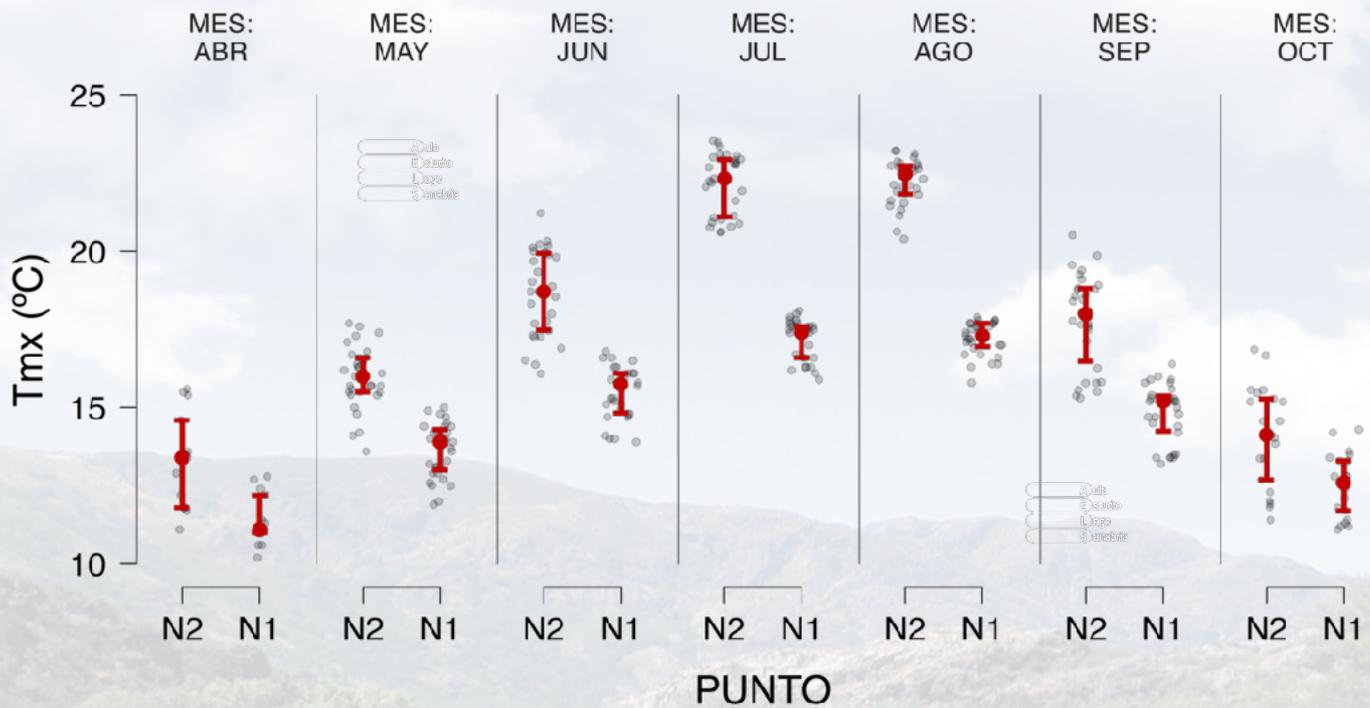


Figura 4. Variación de las temperaturas máximas diarias (Tmx) a lo largo de los meses en ambos puntos de toma de datos. Se indica la media y el recorrido intercuartílico (en rojo).

Las temperaturas más limitantes para la vida acuática son las máximas, ya que condicionan tanto el nivel de oxígeno disuelto en el agua como los umbrales metabólicos para un correcto funcionamiento de distintos mecanismos de adaptación. En la siguiente Tabla I se agrupan los días sumados en los que se han medido promedios diarios superiores a cuatro temperaturas que producen estrés térmico en el río. Con una incidencia mucho más grave en la estación N2.

N1	Suma datos 5 años	%	N2	Suma datos 5 años	%
>24 °C	0	0,0	>24 °C	369	1,4
>22 °C	0	0,0	>22 °C	1830	7,1
>20 °C	14	0,1	>20 °C	4658	18,0
>18 °C	706	2,9	>18 °C	8199	31,7

Tabla I. Cantidad de datos horarios acumulados en los cinco años de estudio en los que las medias diarias superaron cuatro niveles de temperaturas que produce estrés.

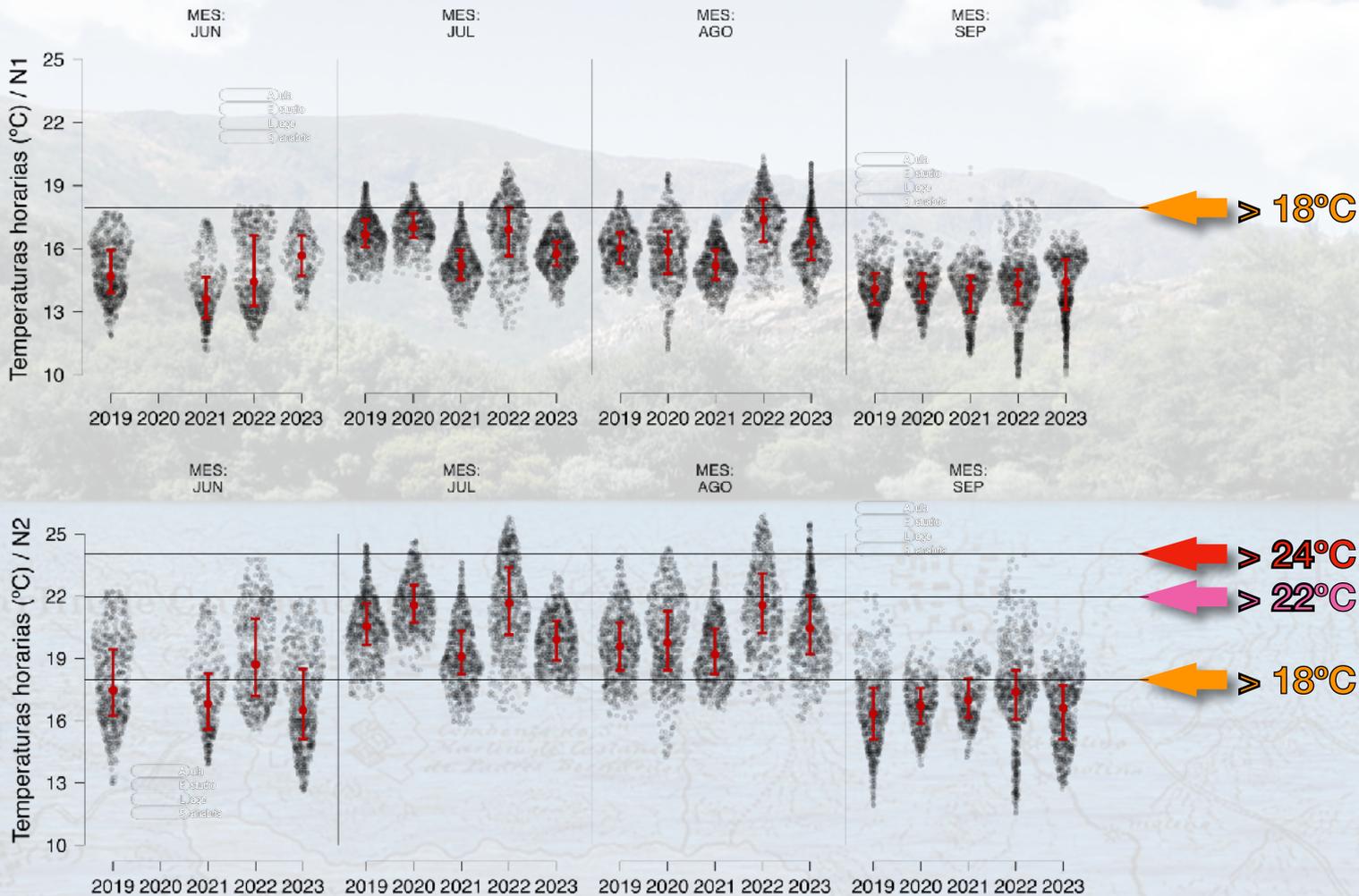
## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

### Resultados del ciclo estival - el estiaje en el río.

**E**l trabajo más detallado e intenso se hizo durante el verano, dada la cada más importancia que tiene el estiaje para la conservación de los ríos en toda la Península Ibérica; y en mayor medida en aquellos de piedesierra en ámbitos territoriales con gran vocación mediterránea. Como es el caso del Valle del río Negro.

Teniendo en cuenta el centro del verano climatológico y ecosistémico (de junio a septiembre), en el que coinciden las mayores temperaturas ambientales del año con el menor caudal y la mayor presión de población humana en las orillas.

Las dos especies más bioindicadoras de la calidad de este ecosistema, la trucha y la náyade *Margaritifera margaritifera*, son especies adaptadas a las aguas frías; lo que supone que sus metabolismos están adaptadas a tener máximo rendimiento por debajo de 18 °C, además de sufrir lesiones y alteraciones graves del metabolismo por encima de unos pocos grados más. Ambas como respuesta al calentamiento del agua en condiciones de cautividad muestran reacciones de huida hacia un refugio térmico; aguas profundas para la trucha y migración vertical dentro del sedimento para las náyades.



**Figura 5.** Nubes de puntos que representan las medidas horarias encontradas para el parámetro Tdm (°C) a lo largo de los cinco años de estudio del estrés térmico que sufre el río Negro. Se muestra la mediana y el rango intercuartílico de la distribución en rojo.

3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

Esto permite establecer unos valores umbral que se consideran estresantes (> 18°C), subletales (>22 °C) o letales (>24 °C) para estos animales. La duración de estos periodos así como las recurrencia con que se producen limitan las posibilidades de habitabilidad para estas especies en los tramos que las sufren. Así como impiden el correcto funcionamiento de los mecanismos ecológicos en el tramo de río que los sufre.

Estiaje extremo en 2022.

**E**l verano más cálido y seco se produjo en 2022. En el río Negro la temperatura horaria más alta se registró en la estación N2 (25,90 °C) el 1 de agosto a las 19:00 h GMT.

Los días en los que el valor promedio Tmx superó 24°C (promedio: 24,95 °C, rango: 23,87-25,90) las temperaturas mínimas no bajaron de 18 °C en todo el día

(promedio: 20,54 °C, rango: 18,0-22,0); y se registraron un total de 63 medidas horarias con Tmx > 25 °C.

Durante ese verano se detectaron además otros periodos más breves en los que Tmx se aproximó a 24°C (flechas en Figura 6), debido a las olas de calor que sufrió la Península Ibérica desde el mes de junio (días 11 a 13 con 23,7°C). Además, el 24 de agosto se superó el valor (24,45°C), y durante los días anteriores y posteriores osciló entre 23,10 y 23,97 °C.

En todo el periodo estudiado el agua del río permaneció durante 95 días superando el valor promedio 20°C (11 días en junio), a pesar de las variaciones en la temperatura ambiental (Figura 6). Pero incluso en 58 días los valores nocturnos de mínimas no bajaron de 18°C, siendo el intervalo de Tmn >20 °C de 25 días, no consecutivos.

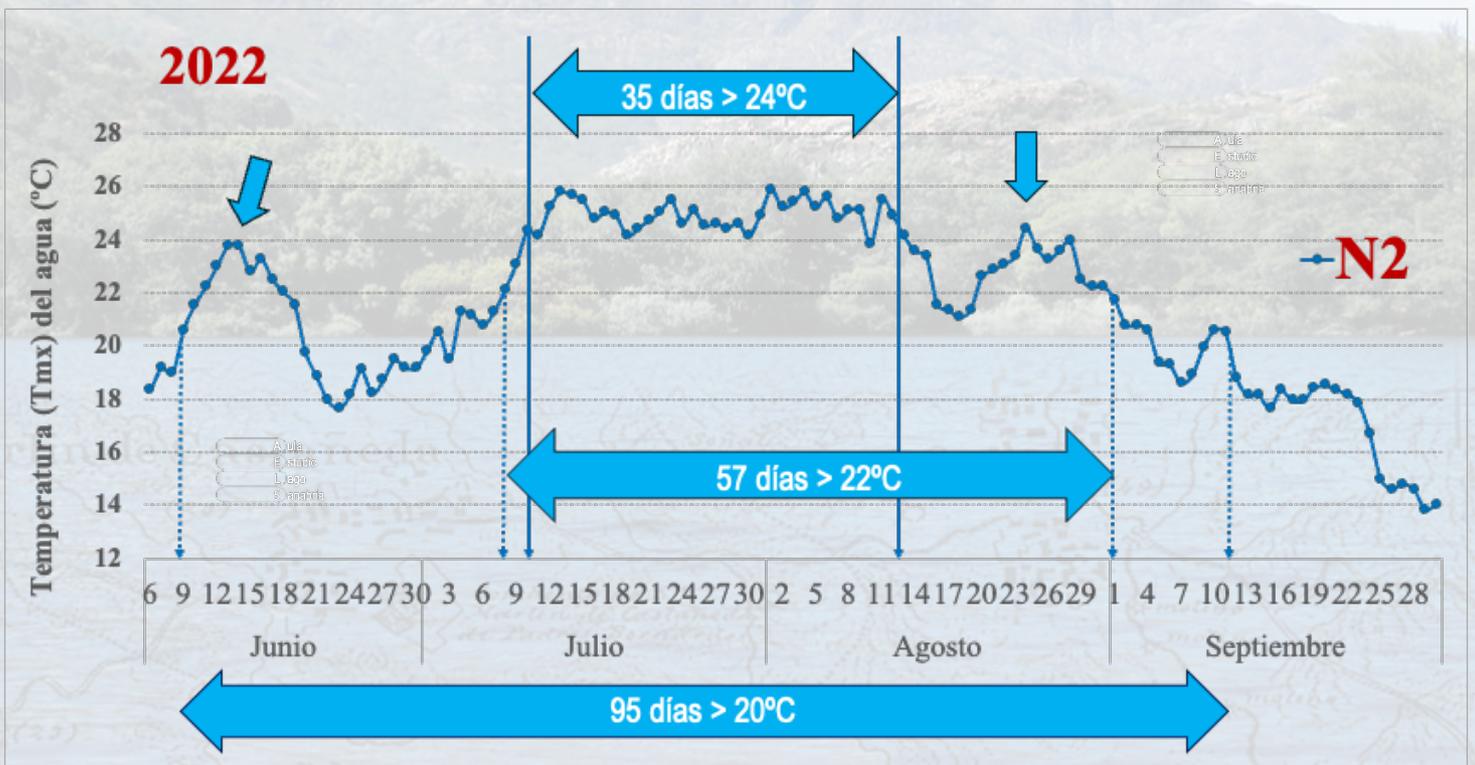


Figura 6. Duración de los periodos de estiaje extremo en el año 2022 con afección directa al funcionamiento del ecosistema y a la supervivencia de la fauna especializada en aguas frías.

## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.

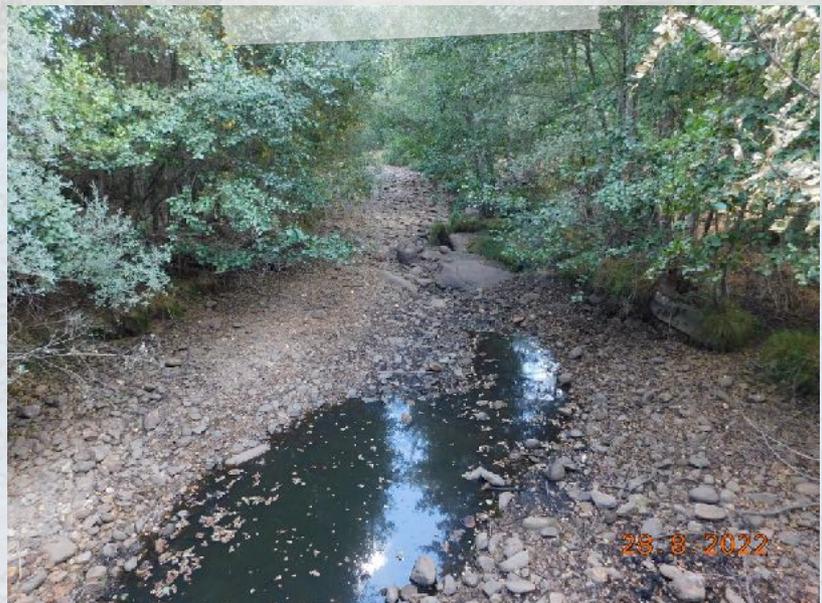


### Conclusiones ecológicas.

- Los estiajes cada vez más intensos y largos reducen la extensión de los tramos que puede albergar náyades y truchas, sin caudal suficiente en verano y otoño, que impide la reproducción de las primeras y la supervivencia con garantía de ambas especies.
- Las aguas más calientes limitan la supervivencia de todas las etapas vitales de las náyades en el agua y en el sedimento como refugio térmico. Sólo los tramos altos, si están bien sombreados por la aliseda y mantienen ahora condiciones subóptimas de habitabilidad para truchas y náyades en el verano. Pero existe una gran incertidumbre sobre la evolución del proceso de calentamiento en todo el valle, y en particular en el agua del río Negro dado que además del estrés térmico otros problemas como el vertido de nutrientes por falta de depuración de aguas sucias en los núcleos urbanos, la llegada masiva de sedimentos finos desde la cuenca (cunetas, cortafuegos, etc.), la existencia de grandes tablas de agua sin sombreado y la escasez progresiva de caudal agrandan el problema de conservación de las comunidades bióticas.
- El papel de la aliseda es clave en la regulación del régimen térmico, por lo que cualquier medida de conservación y potenciación de su densidad es decisiva y estratégica para el conjunto del ecosistema; así como para mantener la calidad del agua como recurso en el valle. La estabilidad que induce el sombreado intenso es la clave para la conservación de este tipo de ríos. En este estudio se ha comprobado cómo la oscilación térmica diaria interanual es de hasta 5,10 °C en la estación N2 (con influencia de tramos de recalentamiento en las tablas de los molinos), frente a unos 3,19 °C máximos en NI.
 

*2 °C son excluyentes para la supervivencia de Margaritifera margaritifera en el tramo medio del río Negro. Suponen alcanzar los valores umbrales subletales y letales para estos animales adaptados metabólicamente a poder asimilar los nutrientes y sales, y a reproducirse, en las aguas frías que permiten niveles de oxigenación muy elevados y pobres en nutrientes disueltos.*

La exposición cronificada del sedimento del fondo del río durante los estiajes extremos es un impacto muy grave a largo plazo; ya que lo inhabilita para albergar fauna sensible de baja movilidad. Por la incertidumbre de supervivencia y por compactación de los intersticios y colonización por múltiples especies (macro y microscópicas) que no son propias de ese microhábitat.



Hoja informativa AELS N° 17 / ISSN 2530-562X



## 3. El régimen térmico durante el estiaje limita la biodiversidad en el Río Negro.



- Todos los ríos de Castilla y León que albergan esta especie superan los umbrales térmicos críticos de supervivencia para los juveniles, con el mayor ritmo de incremento en el río Negro. Donde ya se han superado las expectativas de incremento predichas para el periodo 2010-2041 en los modelos de forzamiento radiativo intermedio (RCP 4,5: aumento de 1,01°C) y elevado (RCP 8,5: aumento de 1,27 °C) según Estrela-Segrelles et al. (2023); y también en los modelos globales WATCH para la Península Ibérica hasta 2050 (Punzet et al., 2012). Lo que indica que se podrían haber superado los márgenes de seguridad en relación con el estrés térmico en menos de la mitad de tiempo predicho en los modelos.
- Existe un enorme incertidumbre sobre la función de los programas de recuperación de náyades basados en la cría en cautividad si no es posible contar con los ríos para la reintroducción de juveniles criados en cautividad debido al estrés térmico provocado todos los veranos por el calentamiento del agua y la escasez de caudal.

### Referencias bibliográficas

- Benson B. & Krause D. 1984. The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnology and Oceanography* 29(3): 51-673. Doi: [10.4319/lo.1984.29.3.0620](https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.3.0620)
- Estrela, T., Pérez-Martín, M.A., Vargas, E. 2012. Impacts of climate change on water resources in Spain. *Hydrological Sciences Journal*, 57:6, 1154-1167. Doi: [10.1080/02626667.2012.702213](https://doi.org/10.1080/02626667.2012.702213)
- Morales, J., Lizana, M. 2014. Efectos negativos del cambio climático aceleran la extinción de la principal población de la náyade Margaritifera margaritifera L., 1758 en la cuenca del Duero. *Munibe*, 62: 103-127. Acceso on-line: [2014025049CN.pdf](https://doi.org/10.4025049CN.pdf)
- Morales, J. 2023. The signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (Crustacea, Decapoda) is threatening the near future of Margaritifera margaritifera Linnaeus, 1758 (Bivalvia, Unionoida) in the Negro River (NW Zamora, Spain). *Animal Biodiversity and Conservation* 46(2): 165-171. Doi: [10.32800/abc.2023.46.0165](https://doi.org/10.32800/abc.2023.46.0165)
- Punzet, M., VoB, F., VoB, A., Kynast, E., Barlund, I. 2012. A Global approach to assess the potential impact of climate change on stream water temperatures and related in-stream first-order decay rates. *Water and Global Change (WATCH) Special Collection*: 1052-1065. Doi: [10.1175/JHM-D-11-0138.1](https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-0138.1)

### Recursos web

- ★ OMF Observatorio de Malacología y ecología Fluvial [<https://riosynayades.wordpress.com>]



Visita  
Riosynayades



Dr. Javier Morales

Grupo de Investigación Universidad de Salamanca  
"Diversidad biológica / diversidad humana"

Febrero de 2024

Dr. en Ciencias Biológicas y especialista en fauna acuática y semiacuática de ríos y lagos, tanto de vertebrados como de invertebrados, y especialmente en ríos de Castilla y León. Ha participado durante más de 30 años en numerosos proyectos y trabajo relacionados con la biodiversidad dulceacuática, el rescate de especies protegidas, la conservación y protección de especies amenazadas de fauna, la calidad de los ecosistemas acuáticos y también en la lucha contra las especies exóticas invasoras.