

# CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Mapas de Peligrosidad, Exposición,  
Vulnerabilidad y Riesgo frente al  
Cambio climático de las especies  
piscícolas de aguas frías en la  
Demarcación Hidrográfica del Júcar



MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

---



MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

---

**Autor Principal:** Clara E. Estrela Segrelles (Universitat Politècnica de València)

**Otros autores:** Miguel Ángel Pérez Martín (Universitat Politècnica de València)

## ÍNDICE MÍNIMO

1. Título
2. Palabras Clave
3. Resumen
4. Introducción
5. Metodología
6. Resultados
7. Discusión
8. Conclusiones
9. Bibliografía

### 1. TÍTULO

Mapas de Peligrosidad, Exposición, Vulnerabilidad y Riesgo frente al Cambio climático de las especies piscícolas de aguas frías en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

### 2. PALABRAS CLAVE

Cambio climático, Peligrosidad, Exposición, Vulnerabilidad, Riesgo, Especies piscícolas, Trucha Común, Adaptación.

### 3. RESUMEN

El calentamiento del sistema climático es inequívoco (IPCC, 2013). La temperatura está aumentando, los patrones de lluvia cambiando (Burkett, 2014, Gomez-Martinez, 2018). Los escenarios de Cambio Climático prevén que la temperatura del aire en España aumente a lo largo del siglo XXI. Asociado a este aumento se producirá un incremento en la temperatura del agua, que reducirá el hábitat disponible de las especies de peces de aguas frías, al producirse un desplazamiento de la denominada barrera termal, la cual, se define como la temperatura máxima que pueden tolerar una determinada especie.

Se ha establecido una metodología para la determinación de los mapas peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo frente al Cambio Climático de las especies piscícolas de aguas frías, aplicado a la Demarcación Hidrográfica del Júcar (DHJ) para la especie trucha común o trucha marrón *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758). Se han utilizado los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 para corto plazo, medio plazo y largo plazo.

Los resultados muestran una pérdida de hábitat potencial para la trucha común de 770 – 940 km en el corto plazo y de 1480 – 1850 km para largo plazo. La zona óptima de habitabilidad de esta especie se reduce entre un 13 y un 20 % a corto plazo y hasta un 90 % a largo plazo, lo que implica una considerable afección. El impacto del cambio climático es más severo conforme avanza el siglo XXI y mayor para el escenario RCP 8.5 que para el RCP 4.5. El estudio del riesgo señala las zonas de la Demarcación Hidrográfica del Júcar donde se deben implementar medidas de reducción del riesgo o adaptación al cambio climático. La principal medida de adaptación propuesta para este impacto es la mejora en la vegetación de ribera, dado que aumenta la superficie de sombra sobre el agua, reduciendo la radiación directa de sol sobre el agua y de esta forma se produce un menor aumento de temperatura, el cual puede ser del mismo orden que el aumento producido por el cambio climático. Además, esta medida favorece la biodiversidad y proporciona refugios para las especies. Otras medidas que también contribuyen a reducir el riesgo son: el aumento de las sueltas de aguas frías en los meses de verano desde los embalses de regulación para reducir la temperatura en las masas de agua situadas aguas abajo de los embales; y la protección de las aguas subterráneas en los acuíferos conectados con el sistema superficial, ríos y lagos, de forma que permita el drenaje de aguas subterráneas, con menor temperatura, durante los meses de verano a las masas de agua superficiales que se encuentren en riesgo.

Este estudio forma parte del proyecto “Medidas para la adaptación de la gestión del agua y la planificación hidrológica al Cambio Climático. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar” Estrela-Segrelles (2020a) que se está elaborando con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) y que tiene como objetivo principal la elaboración de un Plan de Adaptación al Cambio Climático en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

### 4. INTRODUCCIÓN

Los escenarios de Cambio Climático prevén que la temperatura del aire en España aumente a lo largo del siglo XXI de 0.8 a 1 °C a corto plazo y de 2 a 3.8 °C a largo plazo. La Demarcación Hidrográfica del Júcar, situada al Este de la Península Ibérica y bañada por el Mar Mediterráneo, es una de las zonas que va a sufrir un mayor impacto del cambio climático, con incrementos de temperatura máxima del aire de hasta 5 °C a largo plazo. (CEDEX/MAPAMA, 2017). Asociado a este aumento está previsto que se produzca un incremento en la temperatura del agua, que llevará asociado un impacto en el hábitat potencial de las especies de peces de aguas frías, pudiéndose reducir significativamente al producirse un desplazamiento de la denominada barrera termal, la cual, se define como la temperatura máxima que pueden tolerar una determinada especie.

Los salmónidos que habitan en aguas frías como la trucha común *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) son las especies piscícolas más vulnerables al aumento de la temperatura del agua, teniendo una zona de apremio, en el rango de temperatura del agua entre 18.1 °C a 21.8 °C, en la cual el número de individuos se reduce significativamente, y a partir de este límite de tolerancia, barrera termal, (temperatura del agua media de 28 días de 21.8 °C) el número de individuos prácticamente desaparece. La trucha común es una de las especies económicamente más importantes en los ríos mediterráneos, siendo autóctona de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2016). Vive en aguas rápidas y frías, en el tramo alto de ríos y torrentes de montaña con fondos de arena, gravilla y piedra (Castilla la Mancha, 2009).

En la Demarcación Hidrográfica del Júcar se ha estudiado el impacto del cambio climático en el desove de la especie trucha común en el río Cabriel obteniéndose que el cambio climático degradará el hábitat de desove de la trucha marrón entre el 15,4 % y el 48,7 % de los días para el escenario más pesimista, que corresponde al RCP 8.5 y el horizonte de mediano plazo (2041-2070) (Muñoz-Mas et al., 2018). Si se contemplan el estadio adulto, en el río Cabriel se predice que la trucha común soportará peores condiciones de hábitat un 82% de los días (Muñoz-Mas et al., 2016)

Este trabajo, tiene como objetivo el impacto en hábitat potencial de la especie Trucha común relación con el aumento de temperatura provocado por el efecto del cambio climático a escala Demarcación, para que pueda ser incluido en la Planificación Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

### 5. METODOLOGÍA

Este trabajo establece una metodología para la determinación de los mapas peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo frente al Cambio Climático de las especies piscícolas de aguas frías, aplicado a la Demarcación Hidrográfica del Júcar para la especie trucha común. El impacto del cambio climático sobre el hábitat de las especies de aguas frías está estrechamente relacionado con el aumento de temperatura (Estrela-Segrelles, 2020b). Se han utilizado los datos de cambio en la variable temperatura del aire para los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 para corto plazo (2010 - 2040), medio plazo (2040 - 2070) y largo plazo (2070 - 2100).

La determinación de los mapas de riesgo se inicia con la elaboración de mapas de peligrosidad y mapas de exposición cuya combinación permite determinar la distribución de los impactos en el territorio. La combinación de los mapas de impacto y de los mapas de vulnerabilidad determina finalmente el mapa de riesgo (Figura 1).

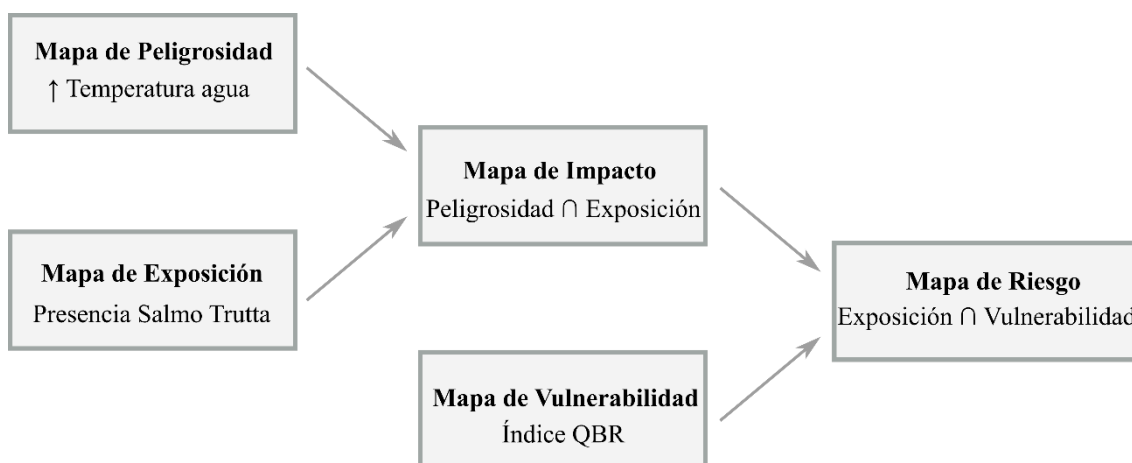


Figura 1. Esquema de la metodología

Los **mapas de peligrosidad**, considerada como: *sucesos o tendencias físicas relacionadas con el clima o los impactos físicos de este* (IPCC, 2019), muestran la distribución espacial y temporal de una determinada variable en los diferentes escenarios de cambio climático planteados.

En este caso, el mapa de peligrosidad muestra el aumento de la temperatura del agua. Para evaluarlo, se han utilizado datos de incremento de la variable temperatura del aire, extraídos de la aplicación informática CAMREC del MITERD que tiene como principal objetivo facilitar la consulta y análisis de los mapas que resumen los resultados del estudio “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España” realizado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) para la Oficina Española del Cambio Climático (OECC) (<https://www.adaptecca.es/cambio-climatico-y-recursos-hidricos-en-espana-aplicacion-camrec>).



## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

El estudio Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (CEDEX/MAPAMA, 2017) recoge la evolución espacial y temporal de las variables precipitación (PRE), temperatura (TEM), evapotranspiración real (ETR), evapotranspiración real (ETR), escorrentía superficial (ESC), recarga a los acuíferos (REC) y aportación en ríos (APN) para tres periodos futuros de treinta años hidrológicos: P1 (2010-2040), P2 (2040-2070) y P3 (2070-2100); siendo el periodo de control: PC (1961-2000). Las variables se estudian en los escenarios de emisión, basados en las Sendas Representativas de Concentración RCP 4.5 y RCP 8.5, obtenidos del promedio de los resultados de seis modelos de circulación global (CNRM-CM5, MPI.ESM.MR, inmcm4, bcc-csm1-1, MIROC.ESM, MRI.CGCM3) regionalizados mediante el método de los análogos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).

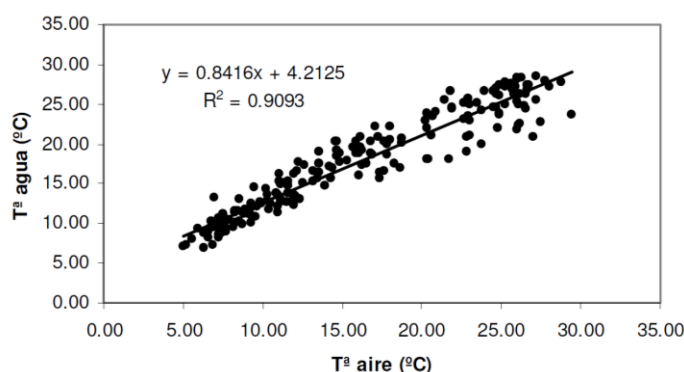
Se plantean 6 escenarios de cambio climático para el desarrollo de este trabajo (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Escenarios de cambio climático considerados

Escenario	Escenario de emisión	Periodo futuro
E1	RCP 4.5	P1 (2010-2040)
E2	RCP 8.5	P1 (2010-2040)
E3	RCP 4.5	P2 (2040-2070)
E4	RCP 8.5	P2 (2040-2070)
E5	RCP 4.5	P3 (2070-2100)
E6	RCP 8.5	P3 (2070-2100)

Fuente: Elaboración propia

La temperatura del agua en los escenarios de cambio climático se ha calculado a partir de la temperatura del aire mediante la utilización de fórmulas empíricas que correlacionan la temperatura del aire con la del agua mediante Regresiones lineales a escala mensual definidas para los principales ecotipos de masas de agua superficial que se encuentran en la DHJ. La formulación utilizada se ha extraído del *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua* (CEDEX, 2012). En la Figura 2 se muestra la Regresión mensual de la temperatura del aire sobre la temperatura del agua en el tipo ecológico 1 junto con la ecuación que la define y su ajuste.

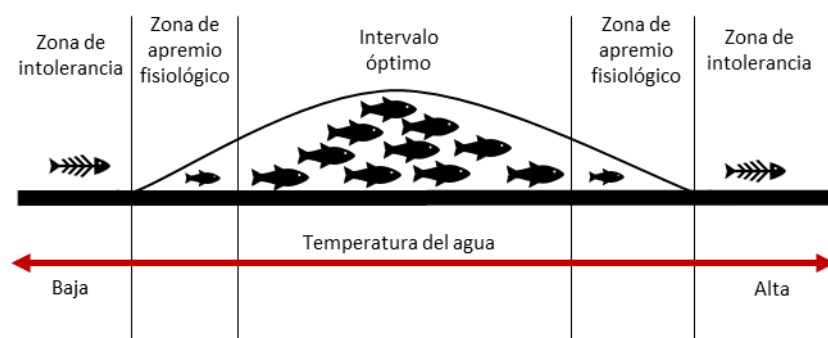


**Figura 2.** Regresión mensual de la temperatura del aire sobre la temperatura del agua en el tipo ecológico 1 (CEDEX, 2012).

## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Con esta información, se ha obtenido el mapa de temperatura media del agua para el mes de agosto en los seis escenarios de cambio climático planteados. Se ha considerado la temperatura del aire en el mes de agosto por ser el mes del año con mayor temperatura media en la DHJ.

El **mapa de exposición**, considerada como: *la presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente* (IPCC, 2019), muestran la presencia o no de determinadas especies o los valores de referencia de determinados indicadores. En relación con este impacto, se muestra la presencia de individuos de la especie *Salmo Trutta* en la DHJ. Los datos de presencia se han obtenido del Inventario Español de Especies Terrestres, elaborado por el MITERD y de bases de datos internas de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). Se ha realizado una zonificación de la DHJ que establece tres zonas en relación con la temperatura del agua: zona óptima para la habitabilidad de la especie, zona de apremio y zona de intolerancia (Figura 3).



**Figura 3.** Zonificación de la habitabilidad de la especie en relación con la temperatura del agua. Elaboración propia

El intervalo óptimo se compone de aquellos tramos de río donde la temperatura del agua es óptima, es decir, donde se da la mayor tasa de reproducción. Se ha establecido la temperatura óptima máxima mensual de esta especie en 18.7 °C (Alonso et al., 2017). La zona de apremio se considera la zona intermedia entre la zona óptima y la zona de intolerancia. En ella el número de individuos de la especie se reduce. La zona de intolerancia es aquella zona donde la temperatura del agua supera la temperatura máxima mensual que la especie puede soportar, para la trucha común se ha establecido en 21.8 °C (Wehrly et al., 2007). La barrera termal se conforma por la isoterma asociada a la temperatura máxima mensual que la especie puede soportar.

Los **mapas de impacto**, considerado como *los efectos en los sistemas naturales y humanos* (IPCC, 2019), determinan el grado de afección que produce el cambio climático en el caso analizado. Se obtienen del cruce del mapa de peligrosidad y del mapa de exposición, para los diferentes escenarios de cambio climático. El mapa de peligrosidad permite calcular si se produce un deterioro en el estado de la masa de agua, debido al incremento en la temperatura del agua. El mapa de exposición nos muestra las áreas de la DHJ donde tenemos ejemplares de

## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

la especie objetivo. La combinación de ambos mapas, peligrosidad y exposición determina el grado de impacto que se produce en cada una de las masas.

El criterio utilizado se define de la siguiente forma: si una masa expuesta (presencia de una determinada especie) tiene una pérdida en el estado significativa, tendrá un Impacto Muy Alto, si tiene una pérdida del estado moderada tendría un Impacto Alto, si no hay un cambio significativo, el impacto será medio y si no tiene la presencia de una determinada especie tendría un No Impacto. En este caso, para la obtención del mapa de impacto se ha utilizado la siguiente tabla.

**Cuadro 2.** Obtención del grado de impacto

Estado actual	Estado futuro	Grado de impacto
óptimo	óptimo	Impacto medio
óptimo	apremio	Impacto alto
apremio	apremio	Impacto alto
óptimo	intolerancia	Impacto muy alto
apremio	intolerancia	Impacto muy alto
intolerancia	intolerancia	No impacto

Fuente: Elaboración propia

Los mapas de impacto nos permiten cuantificar la traslación hacia aguas arriba de la barrera termal en cada uno de los escenarios de cambio climático, identificando la cantidad de kilómetros lineales afectados por la reducción o pérdida de hábitat.

El **mapa de vulnerabilidad**, definida como: *la propensión o predisposición a ser afectado negativamente, en este contexto La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación* (IPCC, 2019). Los mapas de vulnerabilidad dependen del impacto analizado. Estos mapas incluyen información de la capacidad de adaptación del sistema.

En este caso, se ha determinado en base al estado de la vegetación de ribera existente en la actualidad, dado que esta vegetación produce el sombreado del agua del río y puede contribuir a reducir el incremento de temperatura del agua. Para ello, se ha utilizado el índice de calidad del bosque de ribera QBR (Munné et al., 1998) como indicador de vulnerabilidad. El QBR es un índice de aplicación rápida y sencilla, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema: grado de cubierta vegetal de las riberas, estructura vertical de la vegetación, calidad y la diversidad de la cubierta vegetal y grado de naturalidad del canal fluvial. Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice, que expresa el nivel de calidad de la zona de estudio. En la puntuación del QBR suman todos los elementos que aportan cierta calidad al ecosistema de ribera, y resta todo aquello que supone un distanciamiento respecto a las condiciones naturales. De esta forma, a las masas con un buen estado de vegetación de ribera se les ha asignado una menor vulnerabilidad frente a las masas con la vegetación de ribera en mal estado. Se han utilizado como datos de partida los resultados del programa de

## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

---

seguimiento del Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar para el índice QBR y se han clasificado en estado Muy bueno y Peor que muy bueno, tal y como se establece en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. En este Real Decreto se recoge en el Anexo II. Condiciones de referencia, máximo potencial ecológico y límites de clases de estado el límite de cambio de clase del índice QBR para las diferentes masas de agua.

Finalmente, los **mapas de riesgo**, definido como: *consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores, también para referirse a las posibilidades, cuando el resultado es incierto, de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los ecosistemas y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales; los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura* (IPCC, 2019), se han definido como una combinación del grado de impacto y de la vulnerabilidad. El mapa de riesgo zonifica la Demarcación Hidrográfica en zonas de riesgo medio, alto y muy alto. Es relevante obtener mapas de riesgo porque nos permite priorizar las zonas del territorio donde aplicar las medidas de adaptación. El análisis de riesgo se realiza como se muestra en la siguiente tabla.

**Cuadro 3.** Zonificación del riesgo

	QBR Muy bueno	QBR Peor que muy bueno
Impacto medio	Riesgo medio	Riesgo medio
Impacto alto	Riesgo medio	Riesgo alto
Impacto muy Alto	Riesgo alto	Riesgo muy alto

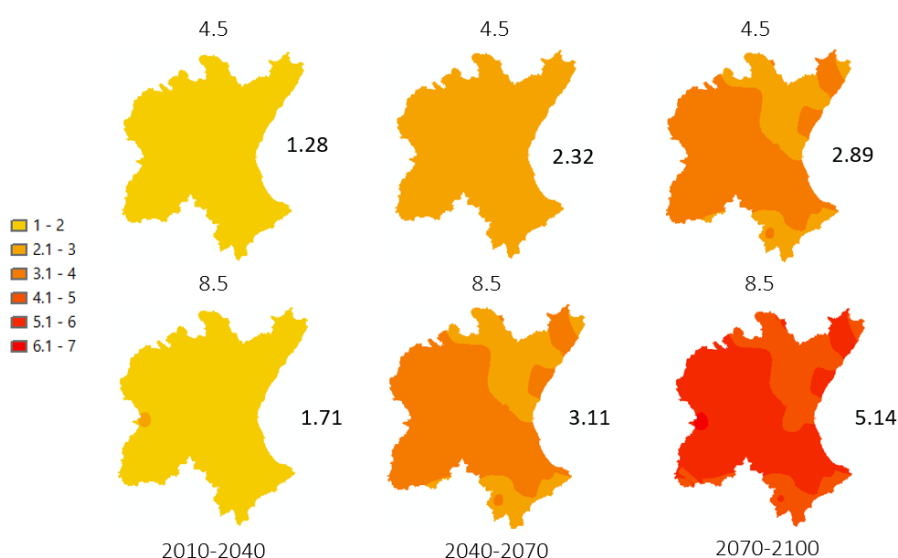
Fuente: Elaboración propia

En la zona de riesgo muy alto zona se aplicarán prioritariamente las medidas de reducción del riesgo (medidas de adaptación al cambio climático) como la mejora del estado de la vegetación de ribera, que genere zonas de sombra en los cauces de las masas de agua superficial para que, aunque se dé un aumento de temperatura del aire en el agua este impacto se vea atenuado.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Anomalía de la variable Temperatura del aire

La siguiente figura muestra la evolución de la variable temperatura del aire para el mes de agosto en los distintos escenarios establecidos: escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 para corto plazo (2010 - 2040), medio plazo (2040 - 2070) y largo plazo (2070 - 2100).



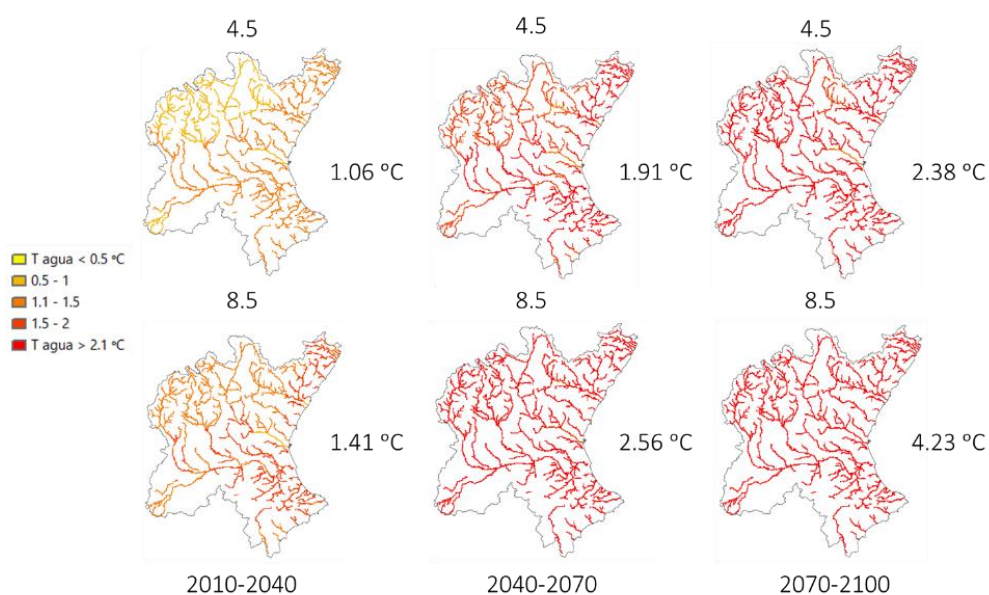
**Figura 4.** Mapa de anomalías de la variable de la temperatura del aire del mes de agosto para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100)

A corto plazo, se recogen incrementos de temperatura del aire para el mes de agosto de 1.25 °C (RCP 4.5) a 1.71 °C (RCP 8.5). El aumento es generalizado en toda la DHJ. A medio plazo, los incrementos de temperatura obtenidos son de 2.32 °C (RCP 4.5) a 3.11 °C (RCP 8.5), en este caso se observan mayores incrementos en la zona central de la DHJ. Esta diferenciación se mantiene en los escenarios de largo plazo, donde los incrementos de temperatura son de 2.89 °C (RCP 4.5) a 5.14 °C (RCP 8.5).

Se observa como el incremento de temperatura es mayor para el escenario de emisiones RCP 8.5 y conforme avanza el siglo XXI.

## 6.2. Mapa de peligrosidad

Los mapas de peligrosidad asociados al impacto de pérdida de hábitat potencial de la especie Trucha común o Trucha Marrón (*Salmo Trutta*, Linnaeus, 1758) muestran la distribución espacial y temporal del aumento de temperatura del agua en las masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.



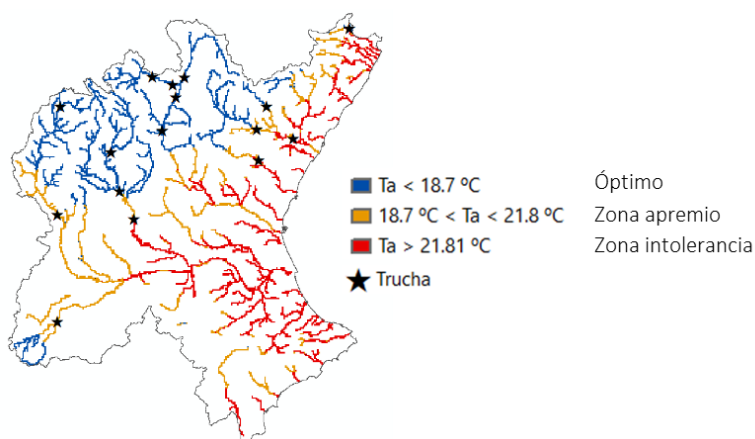
**Figura 5.** Mapa de peligrosidad representado por la temperatura media del agua en el mes de agosto para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100).

A corto plazo, se recogen incrementos de temperatura del agua para el mes de agosto de 1.06 °C (RCP 4.5) a 1.41 °C (RCP 8.5). Se observa que el incremento de temperatura del agua es mayor en la zona este o costera de la DHJ, mientras que es más limitado en las zonas del interior de la DHJ, que cuentan con una mayor altitud. A medio plazo, los incrementos de temperatura obtenidos son de 1.91 °C (RCP 4.5) a 2.56 °C (RCP 8.5), en este caso se observan un incremento de temperatura generalizado, que se mantiene en los escenarios de largo plazo, donde los incrementos de temperatura son de 2.38 °C (RCP 4.5) a 4.23 °C (RCP 8.5).

### 6.3. Mapa de exposición

En el mapa de exposición de la Trucha común, hemos obtenido la zona óptima de habitabilidad de la especie trucha común (azul), la zona de apremio (amarillo) y la zona de intolerancia (rojo) en la Demarcación Hidrográfica del Júcar.

Hemos marcado con estrellas las zonas con presencia de truchas de acuerdo con los programas de seguimiento del Plan Hidrológico de Cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar con el objetivo de realizar una calibración. Existen dos zonas donde existe presencia de truchas dentro de la zona de intolerancia. Esto es debido a que se encuentran aguas debajo del Embalses de Sichar y el Embalse del Regajo y las sueltas de agua del embalse implican que en las masas de aguas situadas aguas abajo de los mismos la temperatura del agua sea menor.



**Figura 6.** Mapa de exposición, zona óptima, zona de apremio y zona de intolerancia calculada en base a la temperatura. Presencia observada de trucha común (estrella).

La presencia de la Trucha Común se extiende por las áreas de aguas frías de la Demarcación, situándose en las zonas de alta montaña y en algunos de los tramos medios, no existiendo continuidad hasta el mar. Del mapa de exposición se puede extraer que la zona óptima de habitabilidad potencial tiene una extensión de 2176 km, la zona de apremio de 1670 km y la zona de intolerancia de 2244 km.

### 6.4. Mapa de impacto

Los mapas de impacto muestran los efectos que se producen en los sistemas naturales debido a al cambio climático. En este caso, se ha considerado como impacto las situaciones, debido al mapa de peligrosidad, en las que se supera un umbral de temperatura en el agua, que produce la pérdida significativa o muy significativa de hábitat potencial de la Trucha común, teniendo en cuenta aquellas zonas donde está presente o podría estar presente, mapa de exposición.

En cada masa de agua de la DHJ se ha evaluado si ha habido un cambio de zonificación del estado actual al estado futuro planteado en cada uno de los escenarios. De forma que, si una masa de agua ha pasado de estar en una zona de habitabilidad óptima a una zona de intolerancia o de una zona de apremio a intolerancia, el impacto se considera Muy Alto. Si una zona pasa de óptimo o a apremio o se mantiene en apremio, el impacto se considera Alto. El impacto se considera Medio en aquellas zonas óptimas donde hay una afección a la especie debido al aumento de temperatura, pero no se produce un cambio de zona. No hay impacto en las zonas donde en la actualidad el rango térmico es superior al que la especie *Salmo Trutta* puede tolerar.

En la tabla siguiente se muestran los resultados numéricos de la evolución de la zona óptima, la zona de apremio y la de intolerancia en los distintos escenarios.

**Cuadro 4.** Longitud (km) de las zonas óptimo, apremio e intolerancia para los escenarios de emisión RCP 4.5 y 8.5 a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100).

Zonas	Clasificación Tagua (°C)	Longitud (km) 2010-2040		Longitud (km) 2040-2070		Longitud (km) 2070-2100	
		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
		Óptimo	Ta < 18.7	1900	1735	1531	1007
Apremio	18.7 < Ta < 21.8	1175	1161	1172	1287	1210	1796
Intolerancia	Ta > 21.8	770	949	1142	1551	1479	1852

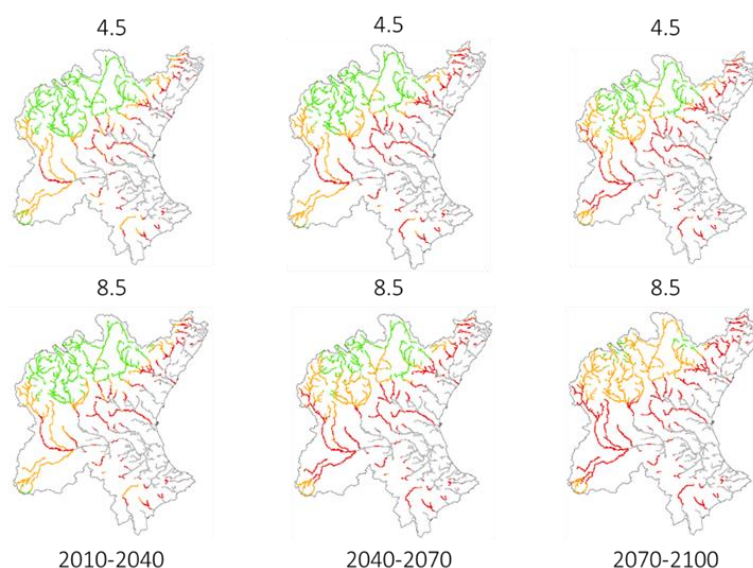
Fuente: Elaboración propia

En ellos se observa como la zona de intolerancia aumenta conforme avanza el siglo XXI, lo que implica una pérdida de hábitat potencial para la trucha común de 770 – 940 km en el corto plazo y de 1480 – 1850 km para largo plazo. La zona óptima se reduce entre un 13 y un 20 % a corto plazo y hasta un 90 % a largo plazo, lo que implica una severa afección a la especie.

En la siguiente figura se muestran la zona de impacto medio (verde), la zona de impacto alto (amarillo), la zona de impacto muy alto (rojo) y la zona de no impacto (gris).



## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR



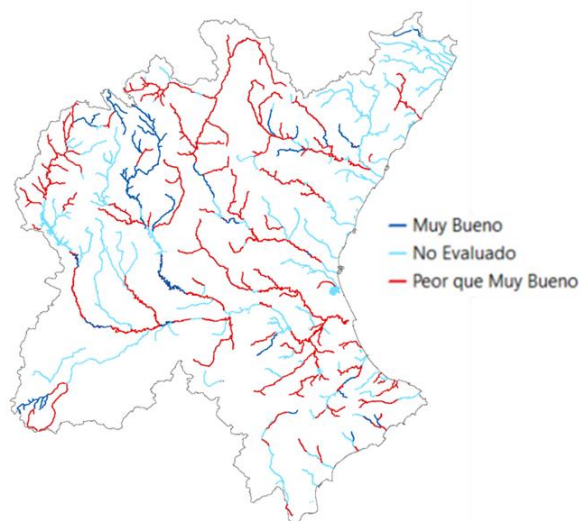
**Figura 7.** Mapa de impacto para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100).

La zona de impacto muy alto (asociada con la barrera termal) se encuentra en los tramos medios de los principales ríos de la DHJ para todos los escenarios y crece altitudinalmente conforme avanza el siglo XXI siendo mayor para el escenario RCP 8.5. Se observa un aumento considerable de la zona de impacto alto y una reducción significativa de la zona de impacto medio si comparamos los escenarios de corto plazo con los de largo plazo.

### 6.5. Mapa de vulnerabilidad

El mapa de vulnerabilidad muestra la capacidad o falta de capacidad de estos hábitats de asimilar los efectos producidos por el cambio climático. En este caso, el incremento de temperatura. La capacidad de respuesta depende en gran medida del estado de conservación de la vegetación de ribera, ya que ofrece sombra a las masas de agua, y puede contribuir a reducir el incremento de temperatura del agua, y proporciona un mejor hábitat para las diferentes especies, por ese motivo el mapa de vulnerabilidad se ha determinado en base al estado de la vegetación de ribera existente en la actualidad.

La caracterización del estado de la vegetación de ribera se ha realizado con el Índice de calidad del bosque de ribera QBR. En la figura se muestran las zonas donde el indicador QBR se encuentra en Muy buen estado (azul), en Peor que Muy buen estado (rojo) o no evaluado.

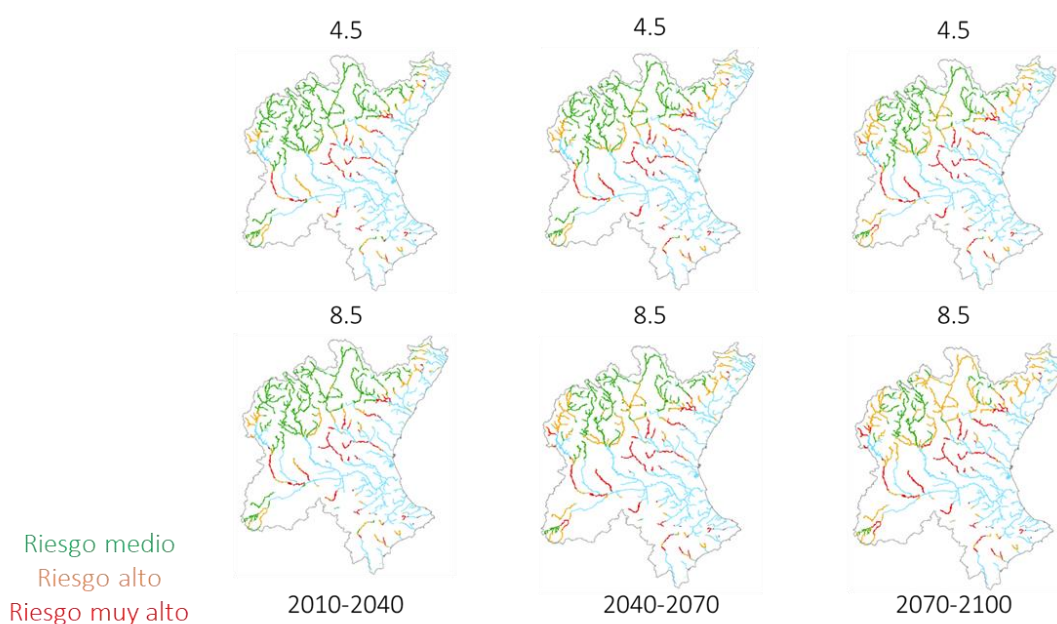


**Figura 8.** Mapa de vulnerabilidad. Estado del Índice QBR (2018)

Como se observa en la figura el número de masas de agua en estado Peor que muy bueno (143), es muy superior que el número de masas en estado Muy bueno (35). No hay un patrón claro de localización de las masas en estado peor que bueno, ya que se encuentran distribuidas por toda la DHJ. Éstas serán zonas potenciales de mejora de la vulnerabilidad.

### 6.6. Mapa de riesgo

Los mapas de riesgo integran el grado de impacto y la vulnerabilidad, de forma que identifican de una forma clara aquellas zonas donde la combinación de todos los factores indica que serán las más afectadas por el cambio climático. El mapa de riesgo zonifica la DHJ en zonas con riesgo medio, alto y muy alto. Las zonas de mayor riesgo se caracterizan por presentar un Alto Impacto y una mayor Vulnerabilidad. Y en ellas se priorizará la aplicación de medidas de reducción de riesgo.



**Figura 9.** Mapa de riesgo para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 a corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100).

El riesgo va aumentando a lo largo del siglo a medida que va aumentando la temperatura del agua. Se observa como la zona de riesgo medio disminuye mientras que las zonas de riesgo alto y muy alto crecen conforme avanza el siglo XXI. La zona de riesgo muy alto en el escenario RCP 8.5 aumenta de 425 km (corto plazo) a 652 km (largo plazo). En esta zona se aplicarán prioritariamente las medidas de reducción del riesgo.

### 7. DISCUSIÓN

Los escenarios de cambio climático muestran un gradual aumento de la temperatura del aire que a su vez se convertirá en un progresivo aumento de la temperatura del agua, reduciendo el hábitat potencial de las especies de aguas frías. Este gradual avance produce un aumento de las masas en riesgo a lo largo del siglo XXI, lo que implica la necesidad de una paulatina implantación de medidas de adaptación en la actualidad y en las próximas décadas.

La vulnerabilidad de las masas de agua superficiales puede reducirse con una mejora en la vegetación de ribera, dado que un buen estado de ésta favorece la biodiversidad y los refugios para las especies y aumenta la capacidad de regulación de la temperatura de las aguas del río. La producción de zonas de sombreado en las masas de agua superficiales reduce la incidencia de radiación solar directa en el agua y por lo tanto la cantidad de energía absorbida por el agua, generando un efecto térmico de reducción de temperatura respecto a otras mismas áreas sin cobertura vegetal. Es por ello, que la restauración de ríos mediante técnicas como la regeneración natural y plantación de la vegetación de ribera, recuperando la integridad de sus funciones hidrológicas y ecológicas, se plantea como la principal medida de adaptación para reducir la vulnerabilidad frente al aumento de temperatura en el agua y otros efectos derivados, como la pérdida de hábitat para especies de peces de aguas frías.

La utilización de los embalses ya existentes, para que, mediante sueltas de agua desde los aliviaderos, reduzcan la temperatura del agua en las masas de agua que se encuentran aguas abajo de los mismos es otra medida de reducción del riesgo. Los embalses de la Demarcación Hidrográfica que se encuentran en las zonas de riesgo alto y muy alto son: Embalse de Arquillo de San Blas, Embalse de Alarcón, Embalse de Contreras, Embalse de Loriguilla, Embalse de Benagéber, Embalse de Arenós, Embalse de Ulldecona, Embalse del Regajo, Embalse de Sichar y Embalse de María Cristina.

La protección de las aguas subterráneas en los acuíferos conectados con el sistema superficial, ríos y lagos, de forma que permita el drenaje de aguas subterráneas, con menor temperatura, durante los meses de verano a las masas de agua superficiales que se encuentren en riesgo, también es una medida a considerar para la reducción del riesgo.

### 8. CONCLUSIONES

España y en especial la zona Mediterránea se encuentra en una situación muy vulnerable frente a los efectos del cambio climático. Está previsto que los impactos del cambio climático aumentan su severidad conforme avanza el siglo XXI.

Es fundamental la obtención de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad para conocer el riesgo asociado a los impactos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados y poder implantar de medidas de adaptación en las zonas con mayor riesgo.

El impacto del cambio climático en el hábitat potencial de la especie trucha común es considerable. La barrera termal se desplaza altitudinalmente conforme avanza el siglo XXI. La zona óptima de habitabilidad en relación con la temperatura se reduce considerablemente, llegando a reducciones del 90 % a largo plazo en el escenario RCP 8.5.

La zona de riesgo muy alto obtenida en el escenario RCP 8.5 para corto plazo tiene una longitud de 425 km y espacialmente se distribuye en la zona central de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. En esas masas de agua son en las que se deben aplicar de forma prioritaria las medidas de reducción del riesgo (medidas de adaptación).

Las medidas de adaptación que se proponen para la reducción del riesgo en relación con el impacto pérdida de hábitat potencial de la Trucha común es la mejora del estado de la vegetación de ribera y la adecuada gestión de los embalses existentes en la Demarcación Hidrográfica. Existe un amplio rango de mejora en relación con el estado de la vegetación de ribera con carácter general en la Demarcación, pero se priorizará la aplicación de actuaciones de restauración en aquellas zonas clasificadas como de riesgo muy alto.

Este estudio se ha realizado con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto demográfico. Nos gustaría agradecer a la Oficina Española del Cambio Climático, al Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y a la Confederación Hidrográfica del Júcar por los datos proporcionados para el desarrollo de este trabajo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alonso, C., Gortázar, J., García de Jalón, D. (2017). Trucha común – *Salmo trutta*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Sanz, J. J., Elvira, B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- [2] Burkett, V.R., A.G. Suarez, M. Bindi, C. Conde, R. Mukerji, M.J. Prather, A.L. St. Clair, and G.W. Yohe (2014): Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 169-194.
- [3] Castilla la Mancha (2009). Guía de peces y cangrejos de Castilla-La Mancha.
- [4] CEDEX (2012). Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua.
- [5] CEDEX (2017). Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España.
- [6] Confederación Hidrográfica del Júcar CHJ (2016). Plan Hidrológico de cuenca de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015-2021.
- [7] Estrela-Segrelles, C., Pérez-Martín, M. A. (2020a): Proposing an implementation of a climate change adaptation strategy at river basin scale. Application to the Júcar river basin. EGU General Assembly 2020. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-36>
- [8] Estrela-Segrelles, C., Pérez-Martín, M. A. (2020b): Estrategia de adaptación al cambio climático en la planificación hidrológica a escala de Demarcación. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar. XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Septiembre 2020.
- [9] Gómez-Martínez, G., Pérez-Martín, M. A., Estrela-Monreal, T., & del-Amo, P. (2018): North atlantic oscillation as a cause of the hydrological changes in the Mediterranean (Júcar river, Spain). *Water Resources Management*, 32(8), 2717-2734. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1954-0>
- [10] IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- [11] IPCC (2019). Glosario de términos, Working Group II.
- [12] Munné, A.; Solà, C. & Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175: 20-37.

## MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD Y RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS DE AGUAS FRÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

---

- [13] Muñoz-Mas, R., Lopez-Nicolas, A., Martínez-Capel, F., & Pulido-Velazquez, M. (2016). Shifts in the suitable habitat available for brown trout (*Salmo trutta* L.) under short-term climate change scenarios. *Science of The Total Environment*, 544, 686-700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.147>
- [14] Muñoz-Mas, R., Marcos-Garcia, P., Lopez-Nicolas, A., Martínez-García, F. J., Pulido-Velazquez, M., & Martínez-Capel, F. (2018). Combining literature-based and data-driven fuzzy models to predict brown trout (*Salmo trutta* L.) spawning habitat degradation induced by climate change. *Ecological Modelling*, 386, 98-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.08.012>
- [15] Silvia-Pando, F. J. & Sociedad Española de Ciencias Forestales (Eds.). (2013). *Actas de la 8. Reunión sobre ordenación de montes. Situación actual de la planificación forestal. Retos futuros*: Pamplona, 26,27 y 28 de octubre de 2011. Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- [16] Wehrly, K. E., Wang, L., & Mitro, M. (2007). Field-based estimates of thermal tolerance limits for trout: Incorporating exposure time and temperature fluctuation. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136(2), 365-374. <https://doi.org/10.1577/T06-163.1>