

Presentación

En torno al agua y el cambio climático aparecen con cierta frecuencia en medios de comunicación, redes sociales y otros ámbitos, diversas afirmaciones y mensajes que no se sustentan ni se corresponden con el conocimiento existente en estas materias. Tales mensajes contribuyen a extender ideas falsas acerca de cómo afecta el cambio climático a la disponibilidad de agua y a sus usos, así como a las medidas que se deberían impulsar para mitigar el cambio climático y para adaptarnos a sus efectos.

Con el fin de contribuir a divulgar información rigurosa y basada en el conocimiento, la Fundación Nueva Cultura del Agua puso en marcha el proyecto “Desmontando falacias sobre agua y cambio climático”. En el marco de este proyecto se han identificado algunas de las principales falacias que sobre estas cuestiones circulan en medios y redes sociales y se han analizado las mismas a la luz del conocimiento disponible, con el fin de mostrar por qué constituyen falacias. El proyecto ha dado lugar al presente informe, así como a diferentes materiales divulgativos (página web, fichas descargables, vídeo y otros materiales para redes sociales). Puede accederse al proyecto y todos los materiales en: <https://fnca.eu/desmontandofalacias/>

El presente informe recoge el análisis completo de seis falacias sobre agua y cambio climático, análisis que a su vez ha constituido la base de los materiales divulgativos. El informe incluye un apartado introductorio sobre cambio climático y sobre el concepto de falacia, a continuación se exponen las falacias (dos sobre mitigación del cambio climático y cuatro sobre adaptación al cambio climático). Tras enunciar cada falacia, se muestran diversos ejemplos de la misma procedentes de medios y otros ámbitos y a continuación se argumenta por qué es una falacia. El informe concluye con la visión que sobre agua y cambio climático defiende la Fundación Nueva Cultura del Agua y con la lista de referencias citadas.

1. Introducción

1.1 Cambio climático. Causas, consecuencias, adaptación y mitigación

Causas y consecuencias del cambio climático

Como vienen señalando los informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el clima está experimentando un calentamiento global que se manifiesta en el aumento de la temperatura media mundial del aire y de los océanos, el deshielo generalizado de nieves y hielos y el aumento del nivel del mar. El calentamiento global a su vez se traduce en otras alteraciones del clima, como la cantidad y distribución de las lluvias o los episodios de temporales costeros. El cambio climático está causado por la actividad humana. El IPCC ha estimado que la acción humana ha provocado ya el aumento

de un grado en la temperatura media mundial, lo que supone una velocidad de aumento sin precedentes. Además, si no se cambia el ritmo de aumento actual de la temperatura mundial, es probable que se alcance el umbral de aumento de 1,5 °C en unas pocas décadas (IPCC, 2018), lo que agravará los riesgos para los sistemas naturales y humanos respecto a la situación actual. Si se supera el umbral de 2 °C de aumento, los riesgos serán aún mayores.

Como ha sido ampliamente demostrado, la principal causa del calentamiento global es el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (sobre todo CO₂). Estas emisiones proceden de múltiples fuentes, especialmente de la quema de combustibles fósiles, así como de los cambios de uso del suelo, que están reduciendo los bosques y reduciendo el carbono acumulado en otros compartimentos (como la materia orgánica del suelo). La emisión a la atmósfera de estos gases contribuye al efecto invernadero, responsable del calentamiento global.

En la península ibérica los escenarios climáticos del IPCC predicen un aumento de las temperaturas y una tendencia al descenso de las precipitaciones (IPCC, 2014), que a su vez darán lugar a otros muchos efectos, algunos de los cuales son ya claramente perceptibles. En el ámbito del agua, tales efectos en la península ibérica se refieren fundamentalmente a:

- i) la reducción progresiva de los recursos hídricos disponibles
- ii) un aumento de las demandas hídricas de la vegetación por el incremento de la evapotranspiración derivada del aumento de temperatura
- iii) el incremento de la frecuencia, intensidad y extensión espacial de los periodos de sequía, lo que impide que se puedan seguir considerando como "situaciones excepcionales" o "imprevistas"
- iv) el cambio en la distribución estacional de las precipitaciones, que está suponiendo en algunos territorios un descenso de precipitaciones en primavera y un aumento de lluvias otoñales y en general un incremento de los episodios de lluvias torrenciales, que a su vez pueden dar lugar a inundaciones.

Todos estos cambios tendrán importantes consecuencias en los ríos y resto de ecosistemas acuáticos y terrestres, en la biodiversidad, en la salud humana y en los distintos sectores económicos, con impactos directos en el bienestar de las poblaciones, especialmente de las más vulnerables. Muchos de tales efectos son ya inevitables, los estamos sufriendo ya y aumentarán en el futuro, pero su gravedad será aún mayor si no afrontamos el cambio climático de forma urgente y ambiciosa con políticas de mitigación y de adaptación.

Mitigación y adaptación del cambio climático

Si no actuamos de forma rápida y ambiciosa para reducir las emisiones a la atmósfera de los gases de efecto invernadero, existe un riesgo muy elevado de que en pocas décadas

superemos el umbral de aumento de 1,5 °C de la temperatura media mundial respecto a los niveles preindustriales. Superar dicho umbral nos abocaría a un mundo en el que las consecuencias del cambio climático serían más inciertas y potencialmente catastróficas. Por ello es imprescindible poner en marcha medidas de **mitigación del cambio climático**, es decir, medidas que permitan alcanzar un balance neto de cero emisiones a la mayor velocidad posible. Estas medidas de mitigación incluyen por una parte las que actúan reduciendo las emisiones (por ejemplo, cambiando las energías basadas en la quema de combustibles fósiles por otras verdes) y las que actúan aumentando los sumideros o almacenes de carbono (por ejemplo, aumentando la superficie cubierta por bosques e incrementando la materia orgánica contenida en los suelos agrícolas).

Pero incluso aplicando todas las medidas posibles de mitigación, algunas consecuencias del cambio climático son ya inevitables y de hecho muchas las estamos sufriendo ya. Por tanto, es imprescindible poner en marcha medidas de **adaptación al cambio climático**, con el fin de reducir sus consecuencias. Estas medidas, de muy diversa naturaleza, han de plantearse desde estrategias y planes integrales y debe contemplar actuaciones en todos los sectores (como el forestal, la agricultura, la conservación de la naturaleza, el turismo o la salud pública, entre otros) y a todas las escalas, de la local a global.

En los últimos años el cambio climático ha ido ganando protagonismo en los medios de comunicación, así como en el debate público y en un número creciente de espacios sociales y políticos. La comunicación sobre el cambio climático es cada vez mayor, pero a la vez se detectan también argumentaciones falsas que contribuyen a la desinformación sobre estos temas. Estas argumentaciones falsas o falacias aparecen también en el ámbito concreto de cambio climático y agua, las cuales es preciso analizar de forma crítica.

1.2 Falacias sobre cambio climático

Una falacia se puede definir como una afirmación aparentemente verdadera que en realidad no lo es. Las falacias se construyen muchas veces utilizando algunas verdades parciales o incompletas que se incorporan dentro de un argumento esencialmente falso. La apariencia de verdad de la falacia contribuye a su expansión, de forma que cuanto más extendida está, más difícil resulta su cuestionamiento.

En este documento se analizan de forma crítica seis falacias relacionadas con el cambio climático y sus implicaciones en las políticas del agua. Dos de tales falacias se refieren a la mitigación del cambio climático, mientras que otras cuatro se refieren a medidas de adaptación al cambio climático.

En cada falacia, se enuncia el argumento, se aportan evidencias de su formulación en distintos ámbitos y a continuación se analiza críticamente, argumentando porqué se considera una falacia.

2. Seis falacias sobre cambio climático y agua

2.1 Sobre mitigación del cambio climático

FALACIA 1: Para mitigar el cambio climático necesitamos más energía hidroeléctrica, que es renovable

Enunciado de la falacia

Desde el sector hidroeléctrico se lanza en ocasiones la idea de que hace falta invertir más en energía hidroeléctrica para afrontar el cambio climático, por su carácter renovable y sostenible.

Se incluye a continuación una cita que ejemplifica el enunciado de esta idea.

- *“invertir en energía hidroeléctrica es necesario para hacer frente a la crisis climática y el COVID-19”. “Los acontecimientos de los últimos meses deben ser un catalizador para una acción climática más fuerte, incluyendo un mayor desarrollo de la energía hidroeléctrica sostenible”.* Roger Gill. Presidente de la International Hydropower Association (IHA). En: World Energy Trade, 5 Junio 2020. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/agua-y-vapor/iha-invertir-en-energia-hidroelectrica-es-necesario-para-hacer-frente-a-la-crisis-climatica-y-el-covid-19>

¿Por qué es una falacia?

Hay dos preguntas que han de responderse a la hora de analizar el enunciado anterior: 1ª) ¿Hace falta más energía hidroeléctrica para afrontar el cambio climático y en tal caso es posible dicho aumento?; 2ª) La producción hidroeléctrica ¿es sostenible? Vayamos con las respuestas:

1ª) ¿Hace falta más energía hidroeléctrica para afrontar el cambio climático y en tal caso es posible dicho aumento?

Para afrontar el cambio climático necesitamos reducir las emisiones y avanzar lo más rápidamente posible hacia un escenario de cero emisiones netas. Para ello necesitamos una estrategia de transición energética centrada en la reducción del consumo energético y en la sustitución de los combustibles fósiles por energías verdes (por ejemplo, la solar o la eólica), las cuales tienen unos impactos ambientales bajos con respecto a otras fuentes energéticas, así como una huella de emisiones pequeña o casi nula.

En los últimos años también se está valorando el papel de la energía hidroeléctrica a la hora de facilitar el uso de otras energías renovables, por su capacidad para atender de forma

rápida a variaciones bruscas en la demanda energética, compensando así los desequilibrios entre producción y demanda energética que otras fuentes renovables generan o no pueden mitigar debido a los cambios en el viento, la insolación, etc. No obstante, la disponibilidad de agua también sufre fluctuaciones importantes, lo que condiciona el papel de la hidroeléctrica como sistema de almacenamiento energético.

En países con una baja regulación y bajo aprovechamiento hidroeléctrico pero elevado potencial, puede ser conveniente aumentar la producción hidroeléctrica dentro del abanico de energías renovables a utilizar. Sin embargo, en otros casos como España, con una de las tasas de regulación por presas y embalses más elevadas del mundo, el papel de la energía hidroeléctrica no pasa por instalar más centrales hidroeléctricas, sino por optimizar el potencial ya existente, especialmente para aportar estabilidad al sistema de energías renovables. Esto se consigue a través de centrales reversibles y contraembalses, que funcionan a modo de "pilas". Estos últimos sistemas, llamados también "tecnología de bombeo", acumulan energía en momentos de excedentes de producción (bombeando agua al embalse superior), que se libera durante los picos de demanda.

Además, es necesario adecuar las centrales para reducir sus significativos impactos ambientales (Baeza Sanz *et al.*, 2018) y eliminar ciertos aprovechamientos hidroeléctricos no compatibles con la recuperación y mantenimiento del buen estado ecológico de los ríos o cuya aportación al sistema eléctrico es poco relevante en comparación con los impactos generados. La demolición de presas no es una idea novedosa, puesto que, desde 1912, 600 presas han sido eliminadas en Estados Unidos por motivos económicos y de seguridad y en España existe también una demanda creciente para la demolición de presas obsoletas o de elevado impacto en el río (Baeza Sanz *et al.*, 2018).

En definitiva, en países con un elevado despliegue hidroeléctrico, como ocurre en España, no hace falta un mayor desarrollo de este sector, sino que se trata de aprovechar el potencial ya existente, en el marco de una transición energética que incorpore y potencie otras energías renovables que sí son verdes y no presentan los elevados impactos ambientales de la producción hidroeléctrica. Es necesario gestionar de forma integrada el conjunto de fuentes energéticas, adecuar a nivel ambiental las centrales hidroeléctricas existentes para reducir sus impactos y eliminar ciertas instalaciones obsoletas o de elevado impacto ambiental.

Además de no ser necesaria una mayor producción hidroeléctrica, tampoco es viable incrementar de forma significativa dicha producción. Cuando la capacidad instalada es elevada y los recursos hídricos son muy fluctuantes como ocurre en España, la producción no está limitada por dicha capacidad (número y potencia de las centrales hidroeléctricas) sino por la disponibilidad hídrica, variable y dependiente de las condiciones climáticas. Por ello la producción hidroeléctrica anual en España es muy variable. De hecho, en la actualidad España tiene una capacidad instalada que duplica la demanda eléctrica máxima. En concreto

tiene en torno a 100.000MW de potencia instalada, frente a una demanda máxima que hasta 2017 alcanzó su máximo histórico en diciembre de 2007, con unos 45.450 MW (Ecologistas en Acción, 2017). Por tanto, no existe déficit de capacidad, sino un considerable exceso, de manera que no es necesario invertir para aumentar la potencia instalada, dado que ello no va a suponer un aumento de la producción hidroeléctrica.

De hecho, el cambio climático puede suponer un exceso aún mayor de la potencia instalada respecto a la producción real. La reducción de los recursos hídricos debido al cambio climático supondrá una menor producción hidroeléctrica y por tanto una mayor infrautilización de la capacidad existente. La evolución histórica en la producción hidroeléctrica muestra una tendencia a la reducción, a pesar de que la potencia instalada ha seguido aumentando. La reducción en la producción hay que atribuirla al aumento de la evapotranspiración en las cuencas hidrográficas y a la reducción en las precipitaciones que ya ha tenido lugar, que en ciertos periodos ha sido de entre 50 y 60 mm anuales. Se ha señalado que una reducción de un 1 % en la precipitación da lugar a una reducción del 3,5-4% en producción hidroeléctrica (Herrero, 2016). Estudios realizados en distintas centrales de la cuenca del Guadalquivir apuntan a disminuciones de producción para final de siglo de entre un 11 y un 44% según los diferentes escenarios de cambio climático, lo que supondría en algunos casos su insostenibilidad económica (Solaun y Cerdá, 2016).

En definitiva, no es posible aumentar de forma significativa la producción hidroeléctrica en España debido a la reducción de los recursos disponibles por el cambio climático, que hará aumentar aún más el exceso de capacidad ya instalada.

2ª) La producción hidroeléctrica ¿es sostenible?

La producción hidroeléctrica es renovable pero no es necesariamente sostenible. Ello depende del tipo de impactos ambientales y sociales que genere, los cuales a su vez tienen que ver con las características de la central (ubicación, tipo de presa, tamaño, existencia o no de medidas correctoras), así como de su efecto sinérgico o acumulativo con respecto a otras presas e impactos ya existentes en un río determinado.

La “gran hidráulica” ha supuesto en todo el mundo grandes impactos ambientales y enormes costes sociales. Es conocido el caso de Las Tres Gargantas en China, la presa hidroeléctrica más grande del mundo, que supuso el desplazamiento de 1,3 millones de personas, así como la red de veintinueve grandes embalses en el valle del Narmada en la India, que ha supuesto el desplazamiento de cientos de miles de campesinos pobres de sus tierras. En España las presas hidroeléctricas han ocasionado también grandes impactos sociales y ambientales.

El impacto negativo que pueden ocasionar las centrales hidroeléctricas, en general comunes al del conjunto de embalses y presas, ha sido ampliamente estudiado (ver por ejemplo González y García, 2007; Bratrich *et al.*, 2004; Friedl y Wüest, 2002; Pringle, 2001; Graf, 2001). Entre otros impactos, los grandes embalses modifican los regímenes hidrológicos

naturales, la temperatura del agua aguas abajo de las mismas, actúan como barreras para la migración de los peces, atrapan sedimentos, homogenizan el hábitat fluvial y favorecen el asentamiento y desarrollo de especies exóticas invasoras (Bunn y Artinton, 2002; Ladrera *et al.*, 2013). Todo ello, contribuye a la pérdida acelerada de la biodiversidad fluvial ibérica, una de las más singulares en el contexto europeo y de las que se están perdiendo a mayor velocidad.

En el caso de la denominada minihidráulica (centrales de menos de 10 MW), representan el 89% de todas las instalaciones existentes en España (unas 1.200 del total de en torno a 1.350 centrales hidroeléctricas) pero aportan sólo un 12% de la producción hidroeléctrica anual total. Las minicentrales también pueden ocasionar impactos significativos, según el tipo de instalación y la ubicación de la misma. Se trata de centrales eléctricas “fluyentes”, que en principio no embalsan el agua, sino que producen electricidad según el caudal que trae el río. Sin embargo, a veces se constatan acumulaciones y sueltas de agua para aumentar la capacidad de producción cuando los caudales fluyentes no son suficientes para mover las turbinas o para incrementar su rendimiento (AEMS-Ríos Con Vida, 2013). Además, en muchos casos reducen de forma significativa el caudal en los tramos afectados del río (dado que el caudal se deriva fuera del río hasta la central para su turbinado y se devuelve aguas abajo) y suelen constituir un obstáculo a la continuidad longitudinal del río y de sus hábitats. Por ejemplo, en el tramo superior del río Ter (Cataluña), existe un gran número de minicentrales (85 en 208 Km de río) en régimen fluyente, pese a lo cual alteran gravemente el estado del río, con largos tramos con poco caudal o completamente secos, combinados con zonas de aguas remansadas. Tan sólo un 7% del tramo superior del río Ter muestra un régimen de caudales sin alterar a pesar de que las minicentrales no tienen capacidad de regulación del caudal (Munné *et al.*, 2009). Además, en muchas ocasiones estas minicentrales se ubican en entornos de singular valor ambiental y paisajístico, incluidos espacios Red Natura (Rodríguez y Brufao, 2011). En definitiva, las minicentrales con frecuencia ocasionan un daño comparativamente mayor al de la gran hidráulica, dado que para generar cantidades reducidas de energía muchas veces alteran profundamente pequeños ríos y tramos fluviales de gran valor.

FALACIA 2: El regadío es un sumidero de carbono y ayuda a fijar CO2

Enunciado de la falacia

- *"Si el Gobierno quiere alcanzar la neutralidad climática de España de aquí a 2050, los regantes defienden que los cultivos de regadío son auténticos sumideros de dióxido de carbono, con el consiguiente efecto positivo sobre la disminución del efecto invernadero".* FENACORE, en iAGUA. 20/5/2020. <https://www.iagua.es/noticias/fenacore/regantes-proponen-aumentar-regulacion-hidrica-luchar-cambio-climatico>

- *“Los regadíos, las Comunidades de Regantes somos sumideros de CO₂, cazadores de CO₂, convertimos el aire “malo” en aire “bueno” y nos tendrían que pagar por este “trabajo”. Que nos paguen la HUELLA DE CARBONO como unos países pagan a otros por las emisiones de CO₂.”*. Benjamín Aparicio Cervera, Presidente de la Comunidad General de Regantes del Canal Principal Campo del Túria, Actas del XIV Congreso Nacional de Comunidades de Regantes. Los Montesinos, Alicante, 14-18 Mayo 2018, página 127. <https://docplayer.es/83833597-Ponencias-enmiendas-y-comunicaciones.html>
- *“La Comunidad Autónoma de la Región de Murcia participará en la XXV Cumbre del Clima de la ONU (COP25), que tendrá lugar del 2 al 13 de diciembre en Madrid, donde defenderá la existencia de los trasvases y de la agricultura como «sumidero de dióxido de carbono» para frenar la desertización y el cambio climático”*. Antonio Luengo. Consejero de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. <https://www.laopiniondemurcia.es/comunidad/2019/11/16/region-presentara-agricultura-trasvase-sumidero/1068632.html>
- *“Los dos consejeros solicitarán también una reunión con los nuevos comisarios europeos de Agricultura y Medio Ambiente ya que «es crucial que la Unión Europea conozca la realidad y el compromiso del sector agrario con un desarrollo sostenible», además de la aportación de su actividad «como inmenso sumidero de CO₂ que contribuye a mitigar el calentamiento global en una zona muy afectada por la emergencia climática y el estrés hídrico»”*. Carmen Crespo, Consejera de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible y Antonio Luengo, Consejero de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. <https://www.diariosur.es/andalucia/junta-andalucia-suma-20191230205528-nt.html>

¿Por qué es una falacia?

En primer lugar, hay que señalar que las afirmaciones recogidas más arriba relacionan la contribución al cambio climático del regadío o del sector agrario en general exclusivamente con la captura de CO₂, pero nada dicen de la emisión neta de otros gases de efecto invernadero (GEI), como el metano (CH₄) o el óxido nitroso (N₂O), de potente efecto invernadero, asociados, por ejemplo, con el cultivo del arroz y con el uso de fertilizantes nitrogenados (FAO, 2014). Los mensajes reproducidos no dan una visión completa de la contribución del sector agrario al cambio climático.

Para analizar el contenido falaz de estos mensajes hay que considerar varias cuestiones. En primer lugar, la capacidad de almacenamiento de CO₂ de un determinado stock, como los cultivos agrícolas, depende de la vida media de dicho stock. No es lo mismo un bosque

maduro con árboles que viven cientos de años que un cultivo de frutales leñosos que duren unos 15 años o una plantación de lechugas que se cosechan en pocas semanas. Cuando el cultivo termina su ciclo, el carbono almacenado pasa de nuevo a la atmósfera a través de distintas vías, desde la quema de residuos vegetales, al consumo de los alimentos y al vertido de residuos. Por tanto, para valorar la capacidad de actuar como sumidero de un sistema agrícola, es necesario conocer la duración media del cultivo. Los cultivos, especialmente los de ciclo corto como los anuales, no pueden considerarse sumideros, porque el CO₂ captado durante el crecimiento del cultivo es de nuevo liberado a la atmósfera tras la cosecha. De hecho, se entiende que hay secuestro de carbono cuando el confinamiento del mismo es a largo plazo (Lal 2008; Sedjo y Sohngen 2012; Stockmann *et al.* 2013, citados en Visconti y de Paz, 2017), entendiéndose por largo plazo un periodo de al menos 100 años (Stockmann *et al.*, 2013, citado en Viscoti y de Paz, 2017).

En segundo lugar, hay que tener en cuenta que el principal almacén de CO₂ en los cultivos agrícolas está constituido por la materia orgánica contenida en el suelo. Sin embargo, a lo largo de las últimas décadas el abandono de prácticas tradicionales de conservación de suelos y la intensificación de los cultivos ha ido reduciendo progresivamente el contenido de materia orgánica del suelo y por tanto su papel como almacén de CO₂ (Bai *et al.*, 2019). Éste es el caso también de España, donde a lo largo del siglo XX y XXI el contenido en materia orgánica de los suelos agrícolas se ha ido reduciendo y que es justamente el abandono de la actividad agraria la que permite recuperar el contenido en materia orgánica y por tanto el papel del suelo como sumidero de carbono (Aguilera *et al.*, 2020).

En tercer lugar, es necesario considerar no sólo la capacidad de almacenamiento de CO₂ del cultivo sino también las emisiones totales GEI que dicho cultivo genera a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo el cambio de uso del suelo (si es de nueva implantación), los insumos de fertilizantes y plaguicidas, las emisiones GEI generadas por los propios fertilizantes y estiércoles, así como la energía necesaria para el riego, el uso de maquinarias y otros materiales y tecnologías que requieren energía y por tanto generan emisiones. Por ejemplo, la aportación de fertilizantes a los cultivos es responsable del incremento continuado de óxido nitroso (N₂O) atmosférico a lo largo de los últimos 30 años (Tian *et al.*, 2020), el cual tiene un efecto invernadero muy superior al del carbono. El resultado final es que un cultivo suele ser un emisor neto de gases de efecto invernadero, no un sumidero de carbono. Por ejemplo, simplemente pasar de un cultivo herbáceo a un pastizal ya logra reducir las emisiones de carbono generadas (Paustian *et al.*, 2004).

En el caso del regadío, es de aplicación lo señalado respecto a que los cultivos no arbóreos, de ciclo anual, no tienen relevancia alguna como sumideros de carbono, mientras que en el caso de los cultivos leñosos su relevancia sería pequeña dado que en sentido estricto no se pueden considerar sumideros plantaciones de menos de cien años, periodo temporal muy superior a la vida media de los cultivos arbóreos de regadío. Con respecto al suelo, los suelos en los cultivos de regadío están normalmente sometidos a prácticas intensivas, de forma que

contienen valores de materia orgánica bajos o muy bajos, con lo que su papel como sumidero de CO₂ es muy pequeño. Finalmente, los regadíos, especialmente los creados en las últimas décadas, dependen de la aportación de grandes cantidades de fertilizantes, plaguicidas, energía para riego y otros insumos, todo lo cual conlleva grandes emisiones GEI. El resultado final es que los regadíos, particularmente en el caso de los regadíos intensivos, no sólo no constituyen un sumidero de carbono sino que suponen una fuente de emisiones GEI. Así, a lo largo del siglo XX el regadío en España se multiplicó por 3,4 mientras que las emisiones asociadas al mismo se multiplicaron por un factor de 21 (Aguilera *et al.*, 2020). De hecho, parece existir una relación proporcional entre riego y emisiones, de forma que cuando se aumenta el riego, aumentan las emisiones. Por ejemplo, una revisión reciente de estudios empíricos sobre regadíos y emisiones GEI (CO₂, N₂O y CH₄) muestra que en la mayoría de casos analizados la reducción del riego conduce a una reducción de las emisiones (Sapkota *et al.*, 2020). En el caso de España, el balance actual de emisiones agrícolas está dominado por las emisiones del regadío, que representan el 60% de las emisiones agrícolas totales pese a que el regadío sólo supone el 21% de la superficie agrícola total (Aguilera *et al.*, 2020), lo que implica que la emisión neta por hectárea en regadío es en términos medios más de cinco veces superior a la del secano.

2.2 Sobre adaptación al cambio climático

FALACIA 3: Frente a la reducción de recursos hídricos, sequías e inundaciones por el cambio climático, necesitamos más regulación, construyendo más embalses y otras infraestructuras

Enunciado de la falacia

El cambio climático va a suponer - está suponiendo ya - la reducción de los recursos hídricos y el incremento de eventos extremos, específicamente de la frecuencia e intensidad de sequías y lluvias torrenciales. Ante esta realidad, desde distintos ámbitos se está lanzando la idea de que hacen falta más obras de regulación - embalses y trasvases - para reducir el impacto del cambio climático. Esta idea es justificada por el hecho de tener más capacidad de almacenar el agua en momentos lluviosos (evitando por ejemplo que se pierda en el mar), así como para transportar el agua desde donde sobre a donde falte.

Se incluyen a continuación algunas citas que ejemplifican el enunciado de esta extendida idea.

- *“La Federación Nacional de Comunidades de Regantes (Fenacore) propone aumentar la regulación hídrica en 16.000 hectómetros cúbicos para luchar contra el cambio climático [...] Los regantes siempre han defendido la construcción sostenible de obras de regulación (presas, embalses, trasvases...), sobre todo, para prevenir los efectos*

negativos de las lluvias torrenciales y convertirlas en recursos para las cuencas deficitarias". FENACORE. IAGUA, 20/5/2020.

<https://www.iagua.es/noticias/fenacore/regantes-proponen-aumentar-regulacion-hidrica-luchar-cambio-climatico>

- *Del Campo defiende la elaboración de un plan nacional de infraestructuras hídricas. A su juicio, "van a ser más necesarias que nunca" para mitigar los efectos del cambio climático y las menores lluvias.* Andrés del Campo. FENACORE. Cinco Días. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/11/01/companias/1572606347_620407.html
- *"Cuanto más reguladas se encuentren las cuencas hidrográficas, menores serán los impactos del cambio climático sobre el medio ambiente y la sociedad en su conjunto".* Andrés del Campo, presidente de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes (Fenacore). Fuente: El País, 19 abril 2020. https://elpais.com/elpais/2020/04/14/actualidad/1586856528_395976.htm
- *las obras hidráulicas como presas y trasvases "son ahora más necesarias que nunca antes para regular las lluvias de carácter torrencial cada vez más frecuentes, y los periodos de sequía cada vez más prolongados, debido todo ello al avance del cambio climático".* Andrés del Campo, presidente de Fenacore. El Confidencial, 27 de Abril de 2020. https://www.elconfidencial.com/empresas/2020-04-27/agua-agricultura-regadio-riqueza-infraestructuras_2562783/
- *"Hacen falta 50 presas nuevas para afrontar un porvenir con menos lluvia".* Carlos Granell, secretario general del Comité General de Grandes Presas. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/11/01/companias/1572606347_620407.html
- *"Los nuevos condicionantes [caudales ecológicos y cambio climático] harán imprescindible la revisión de la situación actual y la necesidad de incrementar la regulación mediante la construcción de las correspondientes obras de infraestructura hidráulica para poder atender con la garantía suficiente a todos los usos".* José Ignacio Sánchez Sánchez-Mora, Técnico de FERTAJO. Ex Presidente de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Ex Director General de Infraestructuras y Agua de la Junta de Extremadura. <https://congresoregantesalicante.org/wp-content/uploads/2018/04/Jose-Ignacio-Sanchez-Mora-FERTAJO-Obras-Hidraulicas.pdf>
- *"...frente a los argumentos esgrimidos en el borrador del libro verde de la gobernanza del agua, en Castilla y León es preciso seguir planteando y ejecutando actuaciones que incrementen la regulación. De lo contrario, será imposible hacer frente a las consecuencias del cambio climático que propiciarán el abandono de la actividad y el*

territorio con consecuencias catastróficas para el medio rural". Asociación de Regantes Ferduero y Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. <https://agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100DetalleFeed/1246464862173/Noticia/1284907844360/Comunicacion>

- *"La piedra angular de la protección frente a inundaciones y de la gestión integrada del riesgo, en un país tan irregular hidrológicamente hablando como es España, son los embalses"*. Tomás A. Sancho, Director General de FYSEG, Fulcrum y Sers Engineering Group, Ex Presidente del Consejo Mundial de Ingenieros Civiles, Ex Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Actas del XIV Congreso Nacional de Comunidades de Regantes. Los Montesinos, Alicante, 14-18 Mayo 2018. Página 91. <https://docplayer.es/83833597-Ponencias-enmiendas-y-comunicaciones.html>
- *"El efecto invernadero en el siglo XXI potenciará la intensidad y frecuencia de los fenómenos extremos. La existencia de embalses constituye un factor mitigador importante de dichos efectos"*. Tomás A. Sancho, Director General de FYSEG, Fulcrum y Sers Engineering Group, Ex Presidente del Consejo Mundial de Ingenieros Civiles, Ex Presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Actas del XIV Congreso Nacional de Comunidades de Regantes. Los Montesinos, Alicante, 14-18 Mayo 2018. Página 113. <https://docplayer.es/83833597-Ponencias-enmiendas-y-comunicaciones.html>
- *"A la consabida falta de limpieza de los cauces de nuestra provincia, estos días se han unido unas precipitaciones muy importantes. El cambio climático hace prever que estas lluvias torrenciales se repetirán con mayor frecuencia al igual que ya se están sufriendo periodos prolongados de falta de precipitaciones por lo que no se puede esperar más tiempo para realizar nuevas infraestructuras que permitan acumular agua"*. ASAJA, Cadena SER. 30 diciembre 2019. https://cadenaser.com/emisora/2019/12/30/radio_palencia/1577715686_555892.html

¿Por qué es una falacia?

Podemos responder a esta pregunta respondiendo a tres cuestiones: 1ª) ¿Tendríamos más agua disponible si tuviéramos más embalses y trasvases?; 2ª) ¿Podemos acceder a más agua en situación de sequía si construimos más embalses y trasvases?; 3ª) ¿Tendríamos menos daños por inundaciones si tuviéramos más embalses? Consideremos estas tres cuestiones.

¿Tendríamos más agua disponible si tuviéramos más embalses y trasvases?

Esta pregunta se puede reformular de la siguiente manera: ¿Faltan embalses y trasvases en España? En 2005 España contaba con más de 1.000 grandes presas que sumaban una

capacidad de más de 56.000 Hm³ (Del Moral y Saurí, 2013). España ocupa uno de los primeros lugares del mundo en número de grandes presas por habitante, 30 grandes presas por cada millón de habitantes. Contando sólo con presas de más de 30 metros, la superficie anegada por las aguas es de al menos 2.522 km², por lo que España se sitúa en la cabeza de los países con más superficie anegada por embalses (Arrojo y Naredo, 1997). A la vista de estos datos, es obvio que no existe un problema de escasez de estas infraestructuras (Llamas *et al.*, 2001). En realidad, existe un exceso de capacidad de almacenamiento, exceso que además será mayor en el futuro, porque los recursos hídricos se seguirán reduciendo debido al cambio climático. Construir nuevos embalses supondría en la mayoría de los casos desperdiciar dinero público en obra ociosa.

La reducción de recursos disponibles también está afectando a los trasvases ya existentes y lo hará aún más en el futuro. En el caso del trasvase Tajo-Segura, desde los años 80 y hasta los primeros años de la década de 2000 los recursos disponibles en la cuenca alta del Tajo, donde se origina el trasvase, disminuyeron en un 47,5% con respecto a las medias históricas (Estevan *et al.*, 2007), de forma que las transferencias anuales se vienen situando en la mitad de las esperadas. Además, esta tendencia aumentará en el futuro debido al cambio climático. Los estudios disponibles muestran que para el periodo 2020-2090, con las reglas actuales del trasvase Tajo-Segura, las transferencias de media no superarían el 20% de las planificadas en el escenario climático más favorable (RCP 4.5) y el 8% de las planificadas en el menos favorable (RCP 8.5) (Pellicer Martínez y Martínez Paz, 2018).

En resumen, en países tan hiperregulados como España, existe un significativo exceso de capacidad de embalsar y transferir agua respecto al agua realmente disponible. Con el cambio climático los recursos disponibles serán menores y por tanto las infraestructuras existentes estarán aún más sobredimensionadas de lo que ya están. Construir más embalses y trasvases no traerá más agua, así que no son una solución frente al cambio climático. Además, las infraestructuras más eficientes ya fueron construidas en el pasado, por lo que los nuevos proyectos, además de poco o nada útiles, tendrían un coste económico desproporcionado.

A todo ello hay que añadir los grandes impactos ambientales y sociales que las grandes infraestructuras suelen acarrear. Los impactos ambientales de grandes embalses se han citado en apartados anteriores. A nivel social, los más de mil grandes embalses que existen en España han supuesto la desaparición de otros tantos valles, incluyendo campos de cultivo y otros aprovechamientos tradicionales, así como restos arqueológicos y han ocasionado, desde 1940, la desaparición de alrededor de 500 núcleos habitados. En cuanto a los trasvases, se trata de una medida con una creciente contestación social en las cuencas y territorios cedentes y que ocasiona impactos ambientales tanto en el territorio cedente como en el receptor. Los trasvases dan lugar a reducciones de caudal en el río cedente que pueden llegar a ser muy severas (caso del Trasvase Tajo-Segura), con los consiguientes efectos ambientales de tal reducción de caudales. Suponen la mezcla de aguas de distinto

origen y características y dan lugar a la introducción de nuevas especies en el río que recibe la transferencia de aguas, que con frecuencia desplazan a las nativas. Además, los trasvases dan lugar a otros impactos en el territorio receptor debido a incremento de las demandas que las expectativas en torno a los trasvases suelen generar (Martínez Fernández, 2001).

¿Podemos acceder a más agua en situación de sequía si construimos más embalses y trasvases?

Con respecto a la efectividad de los embalses en situación de sequía, la elevada presión de las demandas hídricas en España, que en muchos territorios se sitúan ya por encima de los recursos disponibles, reducen la capacidad de regulación hiperanual de los embalses (acumular agua en periodos lluviosos para utilizarla en periodos secos), porque el agua disponible cada año se suele utilizar aproximadamente en dicho año, sin capacidad de guardar parte para una futura sequía. El caso de la cuenca del Segura es emblemático. En esta cuenca los embalses atemperaron la variabilidad interanual de los recursos disponibles durante las décadas de los años 60 y 70, pero a partir de 1980, la evolución de los desembalses de recursos propios de la cuenca sigue de cerca la evolución de las aportaciones (Martínez Fernández *et al.*, 2008). Esta pérdida de regulación interanual efectiva se debe al sustancial incremento de las demandas, sobre todo del regadío, lo que provocó una fuerte presión sobre todos los recursos disponibles, impidiendo su regulación interanual, tal y como ha ocurrido en otros regadíos españoles (Corominas, 1999) y en otros países (Bird & Wallace, 2001). Además, los recursos disponibles seguirán reduciéndose, de forma que la presión de las demandas sobre tales recursos aumentará aún más, haciendo poco viable reservar agua para futuras sequías. Finalmente hay que señalar que en el caso de que fuera posible – que no lo es debido a la sobrecapacidad de almacenamiento existente, los menores recursos por el cambio climático y las crecientes demandas – mantener llenos los embalses para futuras sequías, este tipo de gestión resultaría contradictoria con otra importante función que se suele atribuir a los embalses, que es el de amortiguar lluvias torrenciales y avenidas, lo cual requiere que los embalses se sitúen lejos de su máxima capacidad de almacenamiento. Además, la mayoría de grandes embalses tienen también un aprovechamiento hidroeléctrico, lo que requiere de sueltas continuadas de agua que tampoco permiten mantener los embalses llenos para futuras sequías.

Con respecto a la efectividad de los trasvases en situación de sequía, el cambio climático no sólo está causando un aumento de la frecuencia y de la intensidad de los periodos de sequía sino también un aumento de la extensión territorial de las sequías. Por ejemplo, en el año 2015, la sequía afectó de forma generalizada a buena parte de la península, siendo la cuenca del Duero una de las más duramente afectadas y afectando de forma notable incluso a Galicia, habitualmente no asociada con sequías. En una situación de sequía con una extensión territorial tan amplia, no hay zonas que estén en condiciones de aportar agua a otros territorios, por lo que los trasvases no funcionan. Esta realidad se ha evidenciado con el caso del trasvase Tajo-Segura debido a que las sequías en la cuenca del Segura y en la

cabecera del Tajo están acopladas. Esta tendencia a sequías de gran amplitud territorial seguirá en aumento debido al cambio climático. En el caso de este trasvase, los estudios disponibles apuntan a que en el periodo 2020-2090 según el escenario climático más favorable (RCP4.5) habrá periodos de 3-4 años seguidos en los que la transferencia será nula y según el escenario de cambio climático menos favorable (RCP8.5), a partir del segundo tercio de este siglo la transferencia anual sería siempre nula (Pellicer Martínez y Martínez Paz, 2018).

En resumen, los embalses y los trasvases no son soluciones eficaces en situaciones de sequía y lo van a ser menos en el futuro, porque disminuirá la capacidad de regulación hiperanual de los embalses debido a la presión de las mayores demandas y los menores recursos y porque las sequías tenderán a generalizarse en amplios territorios, abarcando buena parte de la península ibérica, de forma que ningún territorio estará en condiciones de aportar agua a otros.

¿Tendríamos menos daños por inundaciones si tuviéramos más embalses?

España es uno de los países con mayor regulación hidrológica del mundo. Si los embalses contribuyeran significativamente a reducir los daños por inundaciones, se debería estar detectando una reducción de tales daños, puesto que se ha venido incrementando de forma continuada la capacidad de embalse existente en España. Sin embargo, ha ocurrido justo lo contrario: el riesgo frente a las inundaciones es mayor a comienzos del siglo XXI que veinte años atrás (Olcina Cantos, 2006) debido a causas que nada tienen que ver con la falta de embalses, sino con la ocupación de zonas inundables, el incremento de las superficies impermeables por urbanización e infraestructuras, el estrechamiento de los cauces, e incluso la construcción de inadecuadas infraestructuras de defensa frente a avenidas, como encauzamientos y motas (Fundación Nueva Cultura del Agua, 2015). Por tanto, las medidas se tienen que dirigir a estas causas, entre las que no figura la falta de embalses.

FALACIA 4: El regadío es la solución frente a la sequía para frenar la desertificación, acelerada por el cambio climático

Enunciado de la falacia

Con cierta frecuencia se escucha la idea de que el regadío es un freno frente a la desertificación. En los años 80 el fenómeno de la desertificación adquirió una gran relevancia en los medios de comunicación y ya empezaron a escucharse voces que planteaban el regadío como el freno o la barrera frente al avance del desierto. Treinta años después el cambio climático recibe mucha más atención que la desertificación en los medios de comunicación, pero el argumento esgrimido es muy similar: para frenar la desertificación, acelerada por el cambio climático, hace falta más regadío. Se incluyen a continuación algunas citas que ejemplifican el enunciado de esta idea.

- *“Además de absorber CO₂, el regadío aporta oxígeno a la atmósfera por la fotosíntesis de la cubierta vegetal y contribuye también a reducir la erosión y la desertización, mediante el mantenimiento de la capa vegetal en cultivos de riego eficiente, dos peligrosas consecuencias que se podrían acentuar por el cambio climático”*. FENACORE. IAGUA. <https://www.iagua.es/noticias/fenacore/regantes-proponen-aumentar-regulacion-hidrica-luchar-cambio-climatico>
- *Los cultivos agrarios regados por las aguas del Trasvase Tajo-Segura son el principal freno a la #desertificación en el Levante Español. Sindicato Central de Regantes del Trasvase Tajo-Segura (SCRATS).* <https://www.facebook.com/769934299764864/posts/3009302229161382/?sfnsn=scwspwa&extid=UYQZrutXeCQ18Zqo&d=w&vh=e>
- *"El agua es la única barrera que tenemos ante la desertificación que nos viene encima, acelerada por el cambio climático. Y a todo el que quiera escucharnos, le decimos siempre lo mismo: con más agua para regadío, acabaríamos hasta con la mitad de la cifra de paro solo en Andalucía"*. Antonio Luque, presidente de Dcoop, el principal productor de aceite de oliva del mundo. El Confidencial, 27 de Abril 2020. https://www.elconfidencial.com/empresas/2020-04-27/agua-agricultura-regadio-riqueza-infraestructuras_2562783/

¿Por qué es una falacia?

Para responder a esta pregunta deberíamos considerar varios aspectos: 1º) si la desertificación en España se debe a la falta de cobertura vegetal y a la erosión; 2º) si la creación de nuevas superficies de regadío ha contribuido a frenar la erosión y 3º) cuál ha sido el papel real de la ampliación del regadío respecto al riesgo de desertificación.

La desertificación en España ¿se debe a la falta de cobertura vegetal y a la erosión?

Los valores de erosión obtenidos en España con mediciones reales sobre el terreno en el medio natural son muy bajos, normalmente entre 0,1 y 1 Tm/ha anual), a excepción de zonas especiales como los *badlands*, de extensión muy limitada y ocasionados por fenómenos geológicos (movimientos neocuaternarios) ajenos a la cubierta vegetal. Incluso si la vegetación en el medio natural es escasa o de muy bajo porte, los valores de erosión son bajos (Martínez Fernández y Esteve Selma, 2005). Por tanto, ni la erosión se debe a una cubierta vegetal escasa en el medio natural ni la erosión realmente existente en España supone un proceso relevante de desertificación.

En cualquier caso, en España existen zonas áridas que de forma natural y desde hace milenios tienen una cubierta vegetal de porte bajo, dando lugar a una biodiversidad muy singular, con hábitats de gran valor en el contexto europeo, ecosistemas áridos que nada tienen que ver con la desertificación y que en algunos casos constituyen espacios naturales protegidos por

por su singular valor ecológico y naturalístico. Es el caso del Parque Natural del Desierto de Tabernas (Almería), el Paisaje Protegido de Barrancos de Gebas (Murcia) o el Parque Natural de las Bárdenas Reales (Navarra).

La creación de nuevas superficies de regadío, ¿ha contribuido a frenar la erosión?

Las nuevas superficies de regadío no han contribuido a frenar la erosión. En realidad, los principales problemas de erosión se relacionan con los usos agrícolas (Allan, 2014), especialmente a la roturación de tierras marginales con malas prácticas agrarias y a regadíos intensivos y muy tecnificados, incluidos los invernaderos, puesto que a veces los invernaderos se adentran en zonas de elevadas pendientes a través de intensos desmontes y movimientos de tierras. De hecho, la intensa actividad agrícola y roturación de las tierras en zonas de regadío y agricultura intensiva, genera graves impactos en los ecosistemas fluviales relacionados con la erosión y la entrada de grandes cantidades de sedimento en los cursos fluviales, alterando profundamente el hábitat fluvial y las comunidades bióticas (Burdon *et al.*, 2013; Ladrera *et al.*, 2019). Junto con ello, el propio uso intensivo de agua de riego aumenta la salinidad del suelo, generando problemas para el desarrollo de la vegetación y favoreciendo con ello procesos de desertificación en zonas de riegos intensivos y escasas precipitaciones (van Leeuwen *et al.*, 2019). Con todo ello, podemos afirmar que el regadío, lejos de frenar la erosión del suelo, ha contribuido a ella y a la desertificación por múltiples causas.

¿Cuál ha sido el papel real de la ampliación del regadío respecto al riesgo de desertificación?

En realidad, el principal problema de desertificación en España no es la erosión, sino otros procesos ligados a la mala gestión del agua y la expansión del regadío. Estos otros procesos se refieren fundamentalmente a la sobreexplotación de acuíferos, la salinización de suelos (provocada por la intensificación agrícola, el riego por goteo y la puesta en cultivo de suelos salinos) y la pérdida creciente de manantiales y humedales, lo que a su vez da lugar a pérdida de biodiversidad, deterioro del paisaje y pérdida de áreas de alta productividad biológica (Martínez Fernández y Esteve Selma, 2005).

FALACIA 5: Frente al cambio climático la solución es la modernización de regadíos

Enunciado de la falacia

Desde múltiples instancias, de documentos técnicos a artículos de opinión, desde diferentes administraciones públicas a organizaciones agrarias y otros sectores de opinión, se viene insistiendo en la modernización de regadío como la gran solución para ahorrar agua y afrontar así el cambio climático. A continuación, se muestran algunos enunciados en esta línea:

- *“Cuando se habla de regadío y cambio climático, inmediatamente se nos viene a la cabeza que “algo tenemos que hacer” con el agua y con la energía que se utiliza en esta actividad productiva. Ese “algo tenemos que hacer” es adaptarnos. Esta adaptación pasa por la modernización. No hay otra [...] La modernización de regadíos se está constituyendo en una respuesta estratégica integral en el ámbito del agua, suelo y biodiversidad para conseguir el equilibrio entre la intensificación sostenible de la producción alimentaria de calidad y la adaptación al cambio climático”.* Joaquín Rodríguez Chaparro. Artículo: “Regadío: adaptación al cambio climático modernizado”. *iAGUA*, 18/04/2018. <https://www.iagua.es/blogs/joaquin-rodriguez-chaparro/regadio-adaptacion-al-cambio-climatico-modernizado>
- *“La Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga abordará, el próximo 6 de noviembre, la importancia de la modernización del regadío para afrontar el cambio climático en una jornada técnica”.* Agronews Castilla y León 31 de Octubre de 2018. <https://www.agronewscastillayleon.com/la-comunidad-de-regantes-del-canal-del-pisuerga-abordara-el-proximo-6-de-noviembre-la-importancia-de>
- *“El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación considera una prioridad de primer orden la política de modernización de regadíos que ejecuta de manera prácticamente exclusiva a través de la Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias (SEIASA) [...] Esta política es prioritaria, ya que incide directamente en aspectos como la lucha contra la despoblación en el medio rural y la lucha contra el cambio climático”.* En la noticia: “Aprobada la encomienda de diez nuevas actuaciones de modernización de regadíos a SEIASA por valor de 74 millones de euros”. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 22 de Diciembre 2019. <https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/aprobada-la-encomienda-de-diez-nuevas-actuaciones-de-modernizaci%C3%B3n-de-regad%C3%ADos-a-seiasa-por-valor-de-74-millones-de-euros/tcm:30-523529>

¿Por qué es una falacia?

En primer lugar, es necesario distinguir entre uso de agua y consumo de agua. No toda el agua captada y utilizada en el regadío es consumida por el mismo. El agua no consumida (denominada a veces fracción de retorno) vuelve a través de flujos superficiales, subsuperficiales y subterráneos de nuevo a ríos y acuíferos. En segundo lugar, es necesario distinguir entre ahorro de agua y eficiencia en el uso de agua. El ahorro de agua consiste en gastar menos agua. El incremento de la eficiencia en el uso del agua consiste en obtener el mismo producto con menos agua o en producir más con la misma cantidad de agua, de forma que sólo en el primer caso supone un ahorro de agua.: En tercer lugar, es necesario distinguir entre ahorro y eficiencia a escala de parcela agraria y ahorro y eficiencia a escala del conjunto del sistema de regadío. Pues bien, en la modernización de regadíos, se suele confundir el uso

del agua con el consumo de agua, el ahorro del agua con la eficiencia del agua y los efectos a escala de parcela con aquellos a escala de cuenca.

En primer lugar, aunque el agua usada a escala de parcela agraria a menudo disminuye, el consumo de agua no lo hace, ya que la tecnología de riego moderna reduce sustancialmente los retornos de riego a ríos y acuíferos (Lecina *et al.*, 2009; Sampedro-Sánchez, 2018). En segundo lugar, los proyectos de modernización del riego a menudo van seguidos de procesos de intensificación que conducen a aumentos en la producción de cultivos, como cultivos dobles y cultivos más intensivos en agua (Ruiz, 2017). Estos aumentos en la producción neutralizan cualquier ahorro de agua unitario y de hecho suelen conducir a un consumo total de agua mayor del existente antes de la modernización. En tercer lugar, las concesiones de agua no se revisan después de los proyectos de modernización, de forma que el posible ahorro de agua que se pudiera obtener en el agua usada con frecuencia se utiliza para ampliar la superficie regada (Corominas y Cuevas, 2017).

En definitiva, la mayor eficiencia en el uso del agua que consiguen los proyectos de modernización da lugar a un aumento de la producción por una doble vía: por la mayor intensificación de los cultivos y por la ampliación de los mismos. Este aumento de la producción hace que la mayor eficiencia obtenida con la modernización no se traduzca en ahorro de agua y que en muchos casos se consiga lo contrario: un mayor consumo. Finalmente, los cálculos de ahorro y eficiencia en el uso del agua a escala de parcela agraria no son extrapolables a la escala del conjunto del sistema de regadío. Por ejemplo, en el caso de los regadíos situados a lo largo de un río, los retornos de riego de los regadíos situado más arriba vuelven al río y son de nuevo utilizados en los regadíos situados aguas abajo, por lo que tales retornos no se pueden considerar una pérdida en el sistema. La escasez de ahorro de agua y el aumento del consumo total de agua a escalas geográficas más grandes (subcuenca o nivel de cuenca) ha sido ampliamente demostrada (Lecina *et al.*, 2010; Rodríguez-Díaz, 2011; Fernández García *et al.*, 2014; WWF, 2015; Berbel *et al.*, 2015, 2017; González-Cebollada, 2018), y no solo en España (Scott *et al.*, 2014; Perry *et al.*, 2017; Grafton *et al.*, 2018).

Finalmente, hay que señalar que los proyectos de modernización de regadíos ocasionan un grave impacto sobre los regadíos históricos como las huertas tradicionales, las cuales persisten desde hace siglos y albergan un valioso patrimonio ambiental y cultural, para el que modernizaciones de regadío, ineficaces para ahorrar agua en estos sistemas, constituyen una clara amenaza (Martínez-Fernández, 2013).

FALACIA 6: Frente al cambio climático, la solución está en la tecnología

Enunciado de la falacia

Desde distintos ámbitos se viene insistiendo en que el camino para abordar el cambio climático, como en el caso de otros muchos retos, está en la tecnología. En el caso de las

implicaciones sobre el agua, las medidas tecnológicas que se proponen como solución frente al cambio climático son múltiples: la agricultura climáticamente inteligente, la modernización de regadíos, los cultivos hidropónicos, la desalación marina, la regeneración y reutilización del agua, la recarga artificial de acuíferos (por ejemplo la técnica MARS) y el incremento general de la eficiencia en los usos del agua a través de la presurización y el control telemático, entre otras propuestas. A continuación, se presentan algunos ejemplos.

- *“La industria del agua se declara tecnológicamente preparada para enfrentar el cambio climático. La pregunta es: ¿quién lo paga?” [...] “El cambio climático sirve como motor de transformación en el paradigma de la gestión y de la ingeniería del agua”, afirma el ingeniero Patrick Willems en un informe de la patronal europea EWA”. [...] “Si hay algo en el que todo el sector coincide es que la tecnología necesaria para adaptarse a este desafío existe, está lista para ponerse en marcha”.* El País. 19 abril 2020.

https://elpais.com/elpais/2020/04/14/actualidad/1586856528_395976.html

¿Por qué es una falacia?

En general las soluciones tecnológicas, planteadas como actuaciones aisladas y sin un enfoque integral, constituyen medidas de final de tubería que no resuelven los problemas de origen. La magnitud y complejidad del cambio climático y sus efectos sobre el agua, un recurso natural escaso, son muy superiores a lo que la tecnología es capaz de resolver. Confiar en que la tecnología será capaz de resolver cualquier problema presente y futuro contribuye a retrasar la adopción de soluciones que se dirijan a la raíz de los problemas, retraso que a su vez agrava los problemas y reduce el margen de acción para atajarlos. Además, en muchos casos dan lugar a la denominada paradoja de Jevons, que afirma que a medida que el perfeccionamiento tecnológico aumenta y la eficiencia con la que se usa un recurso es mayor, el abaratamiento de los costes en el uso del recurso o el aumento de su productividad dan lugar a un efecto rebote que terminan incrementando el consumo total del recurso.

Por ejemplo, la desalación marina y la reutilización de aguas regeneradas, bien gestionadas, pueden contribuir a reducir las captaciones desde los sistemas naturales y por tanto a mejorar la salud de los ríos y resto de ecosistemas hídricos, así como la sostenibilidad general de los usos del agua, pero realizadas sin una planificación cuidadosa y bien integrada en el conjunto de recursos y demandas de la cuenca, se comportan como medidas de oferta, las cuales alientan el incremento de las demandas por encima de los recursos disponibles, lo que en última instancia conduce a un incremento del déficit hídrico en el conjunto de la cuenca y a una mayor presión sobre los ecosistemas (Martínez Fernández *et. al.*, 2004).

Por otra parte, una confianza excesiva en las tecnologías complejas obvia las mochilas ecológicas y sociales de los procesos implicados en tales tecnologías, muy exigentes en

materiales y procesos industriales contaminantes. La tecnología se está haciendo en general cada vez más compleja, con procesos productivos muy dispersos en el planeta y con costes sociales y ambientales crecientes (Martín Sosa, 2016).

Evidentemente, una estrategia de adaptación al cambio climático ha de contar también con el papel de la tecnología, desde tecnologías de la comunicación y la información al uso de dispositivos que ayuden a ahorrar agua o que tengan un bajo coste y bajo impacto ambiental, que requieran poco mantenimiento y se adapten mejor al medio rural, que se puedan elaborar con materiales locales o tenga una mayor durabilidad, etc. La falacia estriba en confiar que la tecnología será suficiente para resolver los problemas actuales y futuros derivados del cambio climático. Como señalan las conclusiones del XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua ([enlace](#)), *“La visión técnica no es suficiente para abordar la complejidad e interdependencias existentes en este ámbito. Se necesita percibir y gestionar los ecosistemas acuáticos desde una perspectiva más interdisciplinar y compleja, donde hace falta involucrar a las personas afectadas, que tienen conocimiento para solucionarlas. Se trata de crear nuevas formas de co-producir conocimiento en el ámbito de la gobernanza del agua”*.

3. Hacia nuevas políticas del agua en un mundo alterado

La necesidad de adaptación al cambio climático reclama una revisión en profundidad de la agenda política del agua, con nuevas restricciones y prioridades, tanto para la mitigación del cambio climático como para la imprescindible adaptación al mismo. Las exigencias de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera imponen severas restricciones al uso de las tecnologías de gestión del agua características del siglo XX, intensivas en energía.

El ideario hidráulico, que aspiraba a reemplazar la circulación natural del agua por un sistema superpuesto de obras de almacenamiento y transporte, ha mostrado sus límites y agotado su ciclo histórico, junto con el modelo fosilista de producción y consumo que lo hizo posible, dejando una pesada herencia de alteraciones hidromorfológicas en los ríos. Las limitaciones energéticas, que no desaparecen ni siquiera en un escenario 100% renovable, hacen que la localización espacial de recursos y demandas (distancias, cotas) emerja como un factor clave en la huella energética de todo el ciclo del agua y obliga a repensar los esquemas convencionales de planificación y gestión hídricas, basados en sistemas centralizados con grandes bombeos y transportes a larga distancia.

En este contexto, se ha de favorecer el uso del agua más cercano posible al ciclo hidrológico natural y a los flujos propios de los ecosistemas (priorizando, por ejemplo, el retorno de las aguas regeneradas a los ríos frente a su reutilización directa o aprovechando las surgencias

de un acuífero en lugar de captaciones directas por bombeos). De esta forma se podrán mantener en mayor medida los servicios que estos ecosistemas nos aportan.

Incluso desde un punto de vista antropocéntrico, se impone un cambio radical de enfoque en la relación entre la sociedad y el medio ambiente, abandonando los intentos de dominio de la naturaleza y la perspectiva extractivista, para trabajar con la naturaleza con el fin de obtener servicios ecosistémicos, sin poner en riesgo la conservación en buen estado de los ecosistemas. El deterioro de éstos y la consiguiente pérdida de servicios afecta de manera desigual a los distintos grupos sociales, gravando más a los más vulnerables y desfavorecidos habituales en el reparto de cargas y beneficios.

El cambio climático causará previsiblemente una alteración importante de los patrones de lluvia en nuestro territorio que, junto con el incremento de las temperaturas medias, la acentuación de los extremos térmicos y la subida del nivel del mar, redefinen las prioridades de la política de aguas para:

- la adaptación a sequías más frecuentes, intensas y prolongadas
- afrontar el descenso de las precipitaciones medias, los cambios en su distribución, concentrada en eventos más extremos (con menor capacidad de aprovechamiento del agua) y el aumento de las demandas hídricas por el aumento de la evaporación en general y la evapotranspiración de la vegetación (natural y cultivada). Todo ello se traduce en una reducción del agua disponible para los usos humanos y para los ecosistemas.
- la gestión de los riesgos de inundación asociados a la concentración de las precipitaciones en episodios de lluvias torrenciales, en ocasiones coincidentes con temporales marinos que dificultan el desagüe de los ríos y afectan gravemente al litoral.
- atender a las necesidades de los ecosistemas afectados por el estrés hídrico y dar una respuesta adaptativa a la mayor evapotranspiración de las plantas en la agricultura.

La alteración del clima y otros sistemas globales incrementa la incertidumbre y debilita la acción política de corte tecnocrático. El enfoque adaptativo necesita nuevas instituciones y formas de gobernanza para poder afrontar la gestión de la escasez y de los nuevos riesgos sin sacrificar valores fundamentales de nuestra sociedad como la democracia, los derechos humanos o el reparto justo de riesgos, costes y beneficios.

Garantizar los derechos humanos al agua potable y el saneamiento debe ser una prioridad de primer orden. La directiva marco del agua (Diario Oficial, 2000) ha sido confirmada por la Comisión Europea como el instrumento adecuado, junto con las directivas hijas, para

abordar la gestión del agua a través del mantenimiento en buen estado de los ecosistemas acuáticos, la prevención de la contaminación y el uso sostenible del agua.

El foco de la política de aguas hay que ponerlo en las fuerzas motrices que causan el deterioro de los ecosistemas acuáticos, las cuales deben adaptarse a la escasez y a la alteración de los patrones de lluvia, como un elemento más de su necesaria transición hacia un mundo postfosilista en un clima alterado.

La agricultura, como sector mayor demandante de agua, es probablemente el más afectado. La adaptación a una drástica reducción de los recursos hasta ahora disponibles exige una revisión en profundidad de los tipos de cultivo, las variedades cultivadas y las prácticas de riego con dotaciones sensiblemente menores e irregulares, que obligan también a una nueva reconsideración del secano y, en algunos territorios, a una reducción de las superficies de regadío, para acercarse a una situación de mayor sostenibilidad.

Por otra parte, hay que modificar las prácticas agrícolas y ganaderas con el fin de reducir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, muy especialmente en las masas de agua que abastecen a las poblaciones, con el objetivo de proteger las fuentes en origen. De esta forma se reducirán las necesidades de tratamiento (y sus costes energéticos, económicos y ambientales) y se utilizará para uso doméstico agua de mayor calidad tanto desde el punto de vista organoléptico como de salud humana.

La transformación de la agricultura puede necesitar instrumentos adaptativos -por ejemplo, la protección de la agricultura de proximidad mediante un impuesto a las emisiones de CO₂- , que trascienden el ámbito local y deben ser impulsados en instancias internacionales como la Unión Europea o la Organización Mundial del Comercio.

La reducción de la contaminación no es exclusiva de la agricultura, sino que debe incorporarse a todos los sectores productivos y a todos los usos –entre los que destaca el urbano- con un enfoque preventivo integrado en la producción (por ejemplo, en la producción de sustancias químicas), los hábitos de consumo (por ejemplo, la dieta) y los estilos de vida.

La adaptación al cambio climático en el ámbito del agua requiere una transición hídrica justa que, como señalan las conclusiones del XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua ([enlace](#)), incluya entre otros los siguientes aspectos:

- Pasar de enfoques financieros a corto plazo y una economía de obra hidráulica, a visiones a largo plazo y con un enfoque ecointegrador.
- Reducir los consumos, con una disminución selectiva de las superficies de regadío basada en el concepto de retorno social, como un indicador complejo que contemple producción, empleo y beneficios o deterioros de suelos, paisajes y ecosistemas. Ello

permitirá reducir presiones, como las extracciones y la contaminación difusa, facilitando el mantenimiento de caudales ecológicos adecuados.

- Garantizar la prioridad del abastecimiento humano en dicha transición hídrica, garantizando los Derechos Humanos al Agua y al Saneamiento, eliminando los problemas de asequibilidad y falta de acceso al agua de determinados colectivos que todavía subsisten en algunas situaciones
- Aplicar soluciones basadas en la naturaleza en los diversos ámbitos y escalas de la gestión del agua, no sólo en el medio urbano sino también en otros espacios y sectores, como el medio agrario y las zonas costeras, entre otras.
- Avanza en la gobernanza del agua, con una mejora de la recuperación de costes, incluidos los ambientales, la aplicación del principio del contaminador pagador, una mayor coordinación entre administraciones y entre la política del agua y otras políticas sectoriales como la agraria y la territorial y una mejora de los mecanismos para una participación ciudadana activa en las decisiones sobre el agua.

Referencias

Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., Sanz Cobeña, A. 2020. *Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España*. Real Academia de Ingeniería. ISBN: 978-84-95662-77-4.

AEMS-Ríos Con Vida. La ilegalidad de las embalsadas en centrales hidroeléctricas fluyentes. 2013. iAGUA. <https://www.iagua.es/blogs/rios-con-vida/la-ilegalidad-de-las-embalsadas-en-centrales-hidroelectricas-fluyentes>

Allan JD. Landscaps and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Annu Rev Ecol Evol Syst*. 2004; 35:257–84.

Arrojo, P.; Naredo, J.M. 1997. *La gestión del agua en España y California*. Bakeaz. Coagret. 185 pp.

Baeza Sanz, D.; Vaquero, L.; Iranzo Jiménez, E. 2018. La caducidad de concesiones hidroelectricas una oportunidad para nuevos planteamientos. *X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água*. Coimbra, 6-8 setembro 2018. Fundación Nueva Cultura del Agua.

Bai, X., Huang, Y., Ren, W., Coyne, M., Jacinthe, P. A., Tao, B., ... & Matocha, C. (2019). Responses of soil carbon sequestration to climate-smart agriculture practices: A meta-analysis. *Global change biology*, 25(8), 2591-2606

Berbel, J.; Gutiérrez-Martín, C.; Rodríguez-Díaz, J.A.; Camacho E. and Montesinos P. 2015. Literature review on rebound effect of water saving measures and analysis of a Spanish case study. *Water Resources Management* 29: 663-678.

Berbel, J.; Expósito, A.; Gutierrez, C. and Mateos, L. 2017. Effects of the irrigation modernization in Spain 2002-2015. *Water Resources Management* 33(5): 1835-1849. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02215-w>

Bird, J.; Wallace, P. 2001. Dams and development – An insight to the report of the World Commission on Dams. *Irrigation and Drainage*, 50, 53-64.

Bratrich, C., Truffer, B., Jorde, K., Markard, J., Meier, W., Peter, A., Schneider, M., Wehrli, B. (2004). Green hydropower: a new assessment procedure for river management. *River Research and Applications*, 20, pp. 865-882.

Bunn SE, Arthington AH. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30:492–507.

Burdon FJ, McIntosh AR, Harding JS. Habitat loss drives threshold response of benthic invertebrate communities to deposited sediment in agricultural streams. *Ecol Appl.* 2013; 23(5):1036–47.

Corominas, J. 1999. Los regadíos de Andalucía después de la sequía y ante la Agenda del 2000. En: P. Arrojo y F.J. Martínez Gil (coords). *El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua*. Zaragoza. Institución Fernando el Católico. Diputación de Zaragoza.

Corominas Masip, J. and Cuevas Navas, R. 2017. Análisis crítico de la modernización de regadíos. Pensando el futuro ¿cómo será el nuevo paradigma? In Berbel, J. and Gutiérrez-Marín (Eds), *Efectos de la modernización de regadíos en España*, pp. 273-307 CajamarCaja Rural.

Del Moral, L.; Saurí, D. 2013. Governance of Large Hydraulic Infrastructure in Spain: A Historical Approach. En: *Water Services Management and Governance. Lessons for a Sustainable Future*. Londres, IWA Publishing. pp. 43-52.

Diario Oficial. 2000. *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj?locale=es>

Ecologistas en Acción. 2017. *Cambiar las reglas de juego, no el clima propuesta de ecologistas en acción a una futura ley de cambio climático y transición energética*. 22 pp. <https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/cambiar-las-reglas-de-juego.pdf>

Fernández García, I.; Rodríguez Díaz, J.A.; Camacho Poyato, E.; Montesinos, P. and Berbel, J. 2014. Effects of modernization and medium term perspectives on water and energy use in irrigation districts. *Agricultural Systems* 131: 56-63.

Friedl, G., Wüest, A. 2002. Disrupting biogeochemical cycles-Consequences of damming, *Aquatic Sciences*, 64, pp. 55-65.

Fundación Nueva Cultura del Agua. 2015. Por unas medidas sostenibles y eficaces frente al riesgo de inundaciones.

<https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/documentos/documentos/20150409%20por%20una%20solucin%20sostenible%20y%20eficaz%20al%20riesgo%20de%20inundaciones.pdf>

González-Cebollada, C. 2018. El mito de la modernización del regadío como instrumento para el ahorro de agua. In *X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água*, Libro de Actas.

González del Tánago, M.; García de Jalón, D. 2007. *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.

Graf, W.L. (2001) Damage Control: Restoring the Physical Integrity of America's Rivers, *Annals of the Association of American Geographers*, 91, pp. 1-27.

Grafton, R.Q.; Williams, J.; Perry, C.J.; Molle, F.; Ringler, C.; Steduto, P.; Udall, B.; Wheeler, S.A.; Wang, Y.; Garrick, D. and Allen, R.G. 2018. The paradox of irrigation efficiency. *Science* 361(6404): 748-750.

Estevan A, La Calle A, Naredo JM. 2007. Las series hidrológicas en la instrucción de Planificación Hidrológica. <http://www.unizar.es/fnca/docu/docu172.pdf>

FAO (2014) Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks. 1990-2011 Analysis, FAO Statistics Division Working Paper Series ESS/14 - 02 <http://www.fao.org/3/i3671e/i3671e.pdf>

Herrero, R. 2016. *Sobre los embalses y el cambio climático*. Eselagua.com. Accesible en: <https://eselagua.com/2016/12/01/sobre-los-embalses-y-el-cambio-climatico/>

IPCC, 2014 *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O].

IPCC, 2018: Resumen para responsables de políticas. En: *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 oC con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las*

emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].

Ladrera, R., & Prat, N. 2013. Changes in macroinvertebrate community and biotic indices associated with stream flow regulation and wastewater inputs in Sierra Cebollera Natural Park (La Rioja, Northern Spain). *Limnetica*, 32(2), 353-372.

Ladrera, R., Belmar, O., Tomás, R., Prat, N., & Cañedo-Argüelles, M. 2019. Agricultural impacts on streams near Nitrate Vulnerable Zones: A case study in the Ebro basin, Northern Spain. *PLoS one*, 14(11), e0218582.

Lal, R. 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 363 (1492): 815-830.

Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E. and Aragüés, R. 2009. Efecto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y la calidad de las aguas: La cuenca del Ebro como caso de estudio. Monografías INIA, 26. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Lecina, S.; Isidoro, D.; Playán, E. and Aragüés, R. 2010. Irrigation modernization in Spain: Effects on water quantity and quality. A conceptual approach. *International Journal of Water Resources Development* 26(2): 265-282. DOI: 10.1080/07900621003655734.

Llamas, M. R. 2001. *Cuestiones éticas en relación con la gestión del agua en España*. Discurso de Ingreso en la Real Academia de Doctores, Madrid, 85 pp.

Martín Sosa, S. 2016. Tecno-optimismo climático: el escapismo tecnológico frente al calentamiento global. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 134: 25-38.

Martínez Fernández, J. 2001. Implicaciones ambientales de la gestión del agua en España. En Del Moral, L. (coord.), *Planificación hidrológica y eficiencia*. Fundación Ecología y Desarrollo. Comisiones Obreras. pp. 43-58.

Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A. 2004. Dynamics of water scarcity on irrigated landscapes: Mazarron and Aguilas in Southeastern Spain. *System Dynamics Review*. 20(2): 117-137.

Martínez-Fernández, J.; Esteve-Selma, M.A. 2005. A critical view of the desertification debate in Southeastern Spain. *Land Degradation and Development*, 16. 529-539.

Martínez Fernández, J.; Esteve M.A.; Carreño, M.F.; Miñano, J.; Robledano, F.; Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R. 2008. Funcionalidad de las cuencas como elemento clave para la

sostenibilidad. Algunos casos piloto. Cuenca del Segura. En: *Agua y Sostenibilidad. Funcionalidad de las cuencas*. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid. 130-153.

Munné, A; Bardina, M.; Honey-Rosé, J. 2009. Implantación de caudales ambientales en el alto ter (Cuencas Internas de Cataluña). Repercusión sobre el sector hidroeléctrico (mini-hidráulica) y balance económico-social.

<https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/819-1306271426-implantacion-de-caudales-ambientales-en-el-alto-ter-tony-munne-y-otros>

Paustian, K., B.A. Babcock, J. Hatfield, R. Lal, B.A. McCarl, S. McLaughlin, A. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, N.J. Rosenberg, C. Rosenzweig, W.H. Schlesinger, and D. Zilberman, 2004. *Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy Options*. CAST (Council on Agricultural Science and Technology) Report, R141. 120 pp.

Pellicer Martínez, F.; Martínez Paz, J.M. 2018. Climate change effects on the hydrology of the headwaters of the Tagus River: implications for the management of the Tagus–Segura transfer. *Hydrology and Earth Systems Science*, 22, 6473–6491.

Perry, C.; Steduto, P. and Karajeh, F. 2017. Does Improved irrigation technology save water? A review of the evidence. FAO.

Pringle, C.M. 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective, *Ecological Applications*, 11, pp. 981-998.

Rodríguez, C. y Brufao, P. 2011. Compatibilidad legal y ambiental del uso hidroeléctrico: minicentrales en el Parque Natural del Alto Tajo. *VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua “Ríos Ibéricos +10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA”*. 16/19 de febrero de 2011, Talavera de la Reina.

Rodríguez-Díaz, J.A.; Pérez-Urrestarazu, L.; Camacho-Poyato, E. and Montesinos, P. 2011. The paradox of irrigation scheme modernization: More efficient water use linked to higher energy demand. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4): 1000-1008.

Ruiz, M. 2017. *Evaluación de los efectos de la modernización del regadío mediante modelo agro-hidrológicos en los sectores 23 y 24 de la Acequia del Júcar. TM de Algemés (Valencia)*. Master Thesis, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia.

Sampedro-Sánchez, D. 2018. Modernización del regadío y sequía en la cuenca del Guadalquivir. *Proceedings of X Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água*.

Sapkota, A.; Haghverdi, A.; Avila, C.C.E.; Ying, S.C. 2020. Irrigation and Greenhouse Gas Emissions: A Review of Field-Based Studies. *Soil Systems*, 4, 20. doi:10.3390/soilsystems4020020.

Scott, A.; Vicuña S.; Blanco, I.; Meza, F. and Varela, C. 2014. Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. *Hydrology and Earth Systems Science* 18. [https://doi: 10.5194/hess-18-1339-2014](https://doi.org/10.5194/hess-18-1339-2014).

Sedjo, R., Sohngen, B. 2012. Carbon sequestration in forests and soils. *Annual Review of Resource Economics* 4 (4): 126-143.

Solaun, K.; Cerdá, E. 2016. Impacto del cambio climático en la generación hidroeléctrica: estudio piloto de tres centrales. *IX Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l'Aigua*. València, 7-9 setembre 2016. Fundación Nueva Cultura del Agua.

Stockmann, U., Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., et al. 2013. The knowns, known unknowns and un-knowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture Ecosystems and Environment* 164, 80-99.

Tian, H., Xu, R., Canadell, J.G. et al. 2020. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature*, 586: 248–256. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2780-0>

van Leeuwen, C. C., Cammeraat, E. L., de Vente, J., & Boix-Fayos, C. 2019. The evolution of soil conservation policies targeting land abandonment and soil erosion in Spain: A review. *Land Use Policy*, 83, 174-186

Visconti, F.; de Paz, J.M. 2017. Estimación de la capacidad potencial de secuestro y emisión de CO₂ de los suelos agrícolas de la Comunidad Valenciana. *Ecosistemas*, 26(1): 91-100. DOI: 10.7818/ECOS.2017.26-1.15

WWF. 2015. Modernización de Regadíos: Un mal negocio para la naturaleza y la sociedad. http://awsassets.wwf.es/downloads/modernizacion_regadios.pdf