

PROBLEMÁTICA DE LOS RIEGOS Y ABASTECIMIENTOS DEL EMBALSE DE RIUDECANYES EN EL INVIERNO 2023-2024¹

JOSEP MARIA FRANQUET BERNIS
DR. INGENIERO AGRÓNOMO, EUR-ING.
DR. CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
ACADÉMICO NUMERARIO DE LA REAL ACADEMIA EUROPEA DE DOCTORES

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
Resumen / Resum / Summary	2
1. Antecedentes	3
2. Problemática actual y soluciones propuestas	4
2.1. Situación presente	4
2.2. Agua procedente del Consorcio de Aguas de Tarragona.....	5
2.3. Agua efluente de la EDAR de Reus	13
2.3.1. Idea previa.....	13
2.3.2. Generalidades acerca de los posibles efectos perniciosos de la salinidad del agua sobre los cultivos.....	13
2.3.3. Especificaciones acerca del uso para riego del agua efluente de la EDAR de Reus	16
2.3.4. Especificaciones acerca del uso para abastecimiento humano del agua efluente de la EDAR de Reus	20
2.3.5. Esquemas propuestos de la transferencia de agua efluente hasta la zona regable del embalse de Riudecanyes.....	22
3. Estudio del agua derivada del embalse de Siurana al de Riudecanyes	24
3.1. Historia somera de los embalses de Riudecanyes y Siurana.....	24
3.2. Caracterización del entorno donde se sitúan los embalses de Riudecanyes y Siurana.....	26
3.2.1. Condiciones climatológicas.....	26
3.2.2. Condicionantes antropológicos.....	29
3.2.3. Análisis de las nuevas demandas de los embalses	30
4. Balance hídrico del embalse de Riudecanyes.....	32
4.0. Introducción	32
4.1. Parámetros de la cuenca del embalse	34
4.2. Determinación de las demandas anuales del embalse	34
4.3. Distribución temporal mensual de las demandas del embalse.....	35
4.4. Balance hídrico a escala anual del embalse	37
4.5. Balance hídrico escala mensual del embalse con sólo las aportaciones propias de su cuenca	38
5. Conclusiones	40
Referencias bibliográficas y fondos documentales	43
Relación de figuras / Relación de tablas.....	44

¹ Debe hacer constar, el autor del presente Artículo, su agradecimiento al competente Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y profesor de la UNED, D. Miquel Àngel Albacar Damián, por sus consejos y apoyatura provechosa en diversos aspectos del mismo.

RESUMEN

En los meses de otoño-invierno 2023-2024 existe una gravísima situación de sequía que afecta alrededor de 4.000 ha de la zona regable del embalse de Riudecanyes, en las comarcas del Baix Camp y Tarragonès de la provincia de Tarragona, gestionado por la Comunidad de Regantes del Pantano de Riudecanyes, además del abastecimiento de agua de boca a diversos municipios de la zona, a partir de una concesión administrativa en vigor. Para solucionar esta problemática, que puede repetirse e incluso agravarse en el futuro, se contemplan tres posibles alternativas cuya exposición razonada, tanto desde el punto de vista técnico como jurídico, se presenta a continuación.

Palabras clave: reutilización, depuración, trasvase, salinidad, embalse, riego, balance hídrico, sequía, cuenca hidrográfica, demanda de agua.

RESUM

Als mesos de tardor-hivern 2023-2024 hi ha una gravíssima situació de sequera que afecta al voltant de 4.000 ha de la zona regable de l'embassament de Riudecanyes, a les comarques del Baix Camp i Tarragonès de la província de Tarragona, gestionat per la Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes, a més de l'abastament d'aigua de boca a diversos municipis de la zona, tot plegat a partir d'una concessió administrativa vigent. Per tal de solucionar aquesta problemàtica, que es pot repetir i fins i tot agreujar-se en el futur, es contempen tres possibles alternatives l'exposició raonada de les quals, tant des del punt de vista tècnic com jurídic, es mostra tot seguit.

Paraules clau: reutilització, depuració, transvasament, salinitat, embassament, reg, balanç hídric, sequera, conca hidrogràfica, demanda d'aigua.

SUMMARY / ABSTRACT

In the autumn-winter months of 2023-2024, there is a very serious drought situation that affects around 4,000 hectares of the irrigable area of the Riudecanyes reservoir, in the Baix Camp and Tarragonès regions of the province of Tarragona in Catalonia, managed by the Community of Irrigators of the Riudecanyes Reservoir, in addition to supplying drinking water to various municipalities in the area, based on an administrative concession in force. To solve this problem, which may be repeated and even worsen in the future, three possible alternatives are considered, the reasoned presentation of which, both from a technical and legal point of view, is presented below.

Key words: reuse, purification, transfer, salinity, reservoir, irrigation, water balance, drought, hydrographic basin, water demand.

1. ANTECEDENTES

En fecha noviembre de 2020, el autor del presente Artículo junto con el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Miquel Àngel Albacar Damián presentaron a la *Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes* un “Estudio-Informe sobre el suministro de agua a dicha Comunidad”, algunas de cuyas conclusiones se resumían en los siguientes puntos:

- Es necesario realizar un trasvase de recursos hídricos desde la cuenca del Siurana al embalse de Riudecanyes para poder cubrir sus demandas para riego y abastecimiento urbano, ya sea por falta de recursos propios de esta última cuenca o bien por falta de capacidad del embalse de poder regular los excedentes que se puedan producir en años con abundantes precipitaciones.
- En caso de sequía en las cuencas de los embalses de Riudecanyes y Siurana, las demandas no podrían ser atendidas a no ser que se disponga, al inicio del año hidrológico, de un volumen almacenado mínimo en el embalse de Siurana de 8.582.432 m³. Dicho volumen se puede almacenar si previamente al año de sequía se produjera el valor de la máxima precipitación anual registrada en la cuenca o la media, con el máximo coeficiente de escorrentía de la cuenca. También se podría almacenar con una serie de años consecutivos con precipitación superior a la media, con valores del coeficiente de escorrentía superiores al medio, cosa poco probable.

En un posterior estudio de ambos Ingenieros titulado “Análisis de propuestas de la ACA a la Comunidad de Regantes del Pantano de Riudecanyes”, fechado en marzo de 2022, en sus apartados 4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y SALINIDAD DEL AGUA, 5. ESPECIFICACIONES ACERCA DEL USO PARA RIEGO DEL AGUA PROCEDENTE DE LA EDAR DE REUS y 6. ESPECIFICACIONES ACERCA DEL USO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL AGUA PROCEDENTE DE LA EDAR DE REUS, se presentaba la problemática y perentoriedad del aprovechamiento para riego y consumo humano de las aguas efluentes de la EDAR de Reus, algunas de cuyas conclusiones se resumían en los siguientes puntos:

- Tal como se apuntaba en el anterior Informe de noviembre del 2020, según los datos concesionales, resulta necesario realizar un trasvase de recursos hídricos desde la cuenca del Siurana al embalse de Riudecanyes para poder cubrir sus demandas para riego de una superficie de 1.500 ha (225 l/s, 77'32%) y abastecimiento urbano (66 l/s, 22'68%) a los municipios de Vila-seca i Salou, Riudoms y Reus, ya sea por falta de recursos propios de esta última cuenca o bien por falta de capacidad del embalse de poder regular los excedentes que se puedan producir en años con abundantes precipitaciones. Este caudal para ambos usos de 291 l/s supone, en caudal ficticio continuo, un volumen anual de 9.176.976 m³, de los cuales 7.095.600 m³ van destinados al riego. El volumen anual del trasvase al embalse de Riudecanyes a realizar se halla comprendido entre los 2.267.642 m³ y los 8.823.246 m³

en los diversos años estudiados, siendo en condiciones normales de 5.763.552 m³, lo que resulta inferior a las posibilidades que otorga la correspondiente concesión administrativa.

- La situación anteriormente descrita podría corregirse, no obstante, mediante la aportación de un cierto caudal de compensación de 1'36 hm³/año, equivalente a 43 l/s en caudal ficticio continuo. Consistiría en una aportación de agua regenerada de la EDAR de Reus hasta las cabeceras de las acequias de riego de la *Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes*, habiéndose estudiado 6 opciones técnicas diferentes según las acequias escogidas, los volúmenes aportados, el grado de mezcla, etc., manteniéndose separados los abastecimientos en uso legalizados. De entre las alternativas mencionadas, se consideraba como más conveniente la numerada como 6.
- La salinidad del agua de la depuradora de Reus, procedente en buena medida, a su vez, del agua de abastecimiento en alta del Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT), resulta excesivamente elevada para el riego de la mayoría de los cultivos de la zona regable en estudio (\cong 1.600 μ S/cm), aunque podría ser viable realizando un manejo controlado. De hecho, la conductividad eléctrica correcta del agua de riego no debería exceder de los 800-1.000 μ S/cm para la mayoría de los cultivos. En el estudio realizado por la ACA se consideraba una desalación parcial de la misma (78% del caudal).
- La reutilización de las aguas depuradas es un elemento esencial del ciclo natural del agua y, de hecho, la Directiva Marco del Agua (2000/60/CEE) la contempla como medida para solucionar los problemas derivados de la escasez del recurso. Ahora bien, para poder aplicar la reutilización para cualquier uso agrícola, se requiere de tratamientos terciarios avanzados, puesto que con la reutilización se puede afectar al medioambiente por la posible presencia de agentes biológicos, metales pesados y diversos compuestos orgánicos que son capaces de producir efectos perjudiciales a medio y largo plazo.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL Y SOLUCIONES PROPUESTAS

2.1. Situación presente

En los meses de otoño-invierno 2023-2024 existe una gravísima situación de sequía que afecta alrededor de 4.000 ha de la zona regable del sistema Riudecanyes-Siurana, en las comarcas del Baix Camp y Tarragonès de la provincia de Tarragona, además del abastecimiento de agua de boca a diversos municipios de la zona.

También se asiste a unas disponibilidades hídricas nulas en los embalses del sistema Siurana-Riudecanyes como consecuencia de la prolongada falta de precipitaciones que se viene registrando en ambas cuencas. La falta antedicha de abastecimiento urbano y agrícola resultante ha conllevado grandes

dificultades en ambos casos, y muy especialmente por lo que se refiere a la zona regable del pantano de Riudecanyes, cuyos campos de cultivo experimentan una gravísima sequía que imposibilita su explotación racional, lo que ha provocado el arranque de algunos cultivos leñosos (especialmente avellanos) y la imposibilidad de implantación de cualesquiera otros substitutivos o alternativos.

Esta situación nunca se había dado antes. Es necesario remontarse a finales de los años 40 e inicios de los 50 del siglo pasado, cuando el pantano de Siurana no estaba construido todavía y no se llevaba a cabo la conexión actual Siurana-Riudecanyes. En esta etapa se produjo también un período de sequía y el agua de Riudecanyes no se pudo utilizar para regar en 1948.

Ya en el mes de agosto del 2023, las unidades del acuífero del Fluvià Muga y del embalse de Riudecanyes pasaron al escenario de emergencia, tal como determinaba el correspondiente Plan de Sequía. Esta medida entró en vigor una vez publicada la resolución del director del ACA en el *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* (DOGC).

Por su parte, el Departamento de Acción Climática de la Generalitat de Catalunya inició, a finales de octubre del 2023, los trabajos precisos para sacar peces del embalse de Riudecanyes. El objetivo de la operación era evitar la mortalidad de estos animales y garantizar la calidad del agua para el consumo humano. La alarmante disminución del nivel de agua en el embalse provocaba que hubiera menos hábitat y que no existiera suficiente oxígeno para mantener la vida de dichas especies animales. Los peces, que estaban al límite de sus necesidades vitales, podían experimentar episodios de mortalidad y comprometer la calidad del agua de un embalse que se utiliza, también, para el consumo humano.

Por estas razones y las que se prevén en un futuro más o menos próximo, que puede venir condicionado por el cambio climático, se plantean a las Administraciones actuantes, un conjunto de posibles soluciones a emprender de forma separada o conjunta, que se exponen a continuación.

2.2. Agua procedente del Consorcio de Aguas de Tarragona

Existen sobrantes de la concesión primigenia del CAT (4 m³/s según la Ley 18/1981, de 1 de julio, publicada en el BOE nº: 165 de 11 de julio del mismo año), ya que actualmente, en promedio anual, se vienen consumiendo, aproximadamente, 2,5 m³/s. El Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT) ya había pedido, en el año 2019, un ajuste de la actual concesión a la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (CHE) ante la reducción de los consumos y las dotaciones, por parte de la industria y los ayuntamientos consorciados. La petición era para pasar de los 100,27 hectómetros cúbicos anuales a los 94,71 (3 m³/s en caudal ficticio continuo), lo que representa una disminución del 25% en relación a la dotación legal inicial (Albacar y Franquet, 2024).

Se trata de agua procedente de la cuenca hidrográfica del Ebro, con su captación en el municipio de Tortosa, de la misma naturaleza como la que se

trasvasa en el sistema Siurana-Riudecanyes, aunque su finalidad no es para uso de riego agrícola, sino urbano e industrial, circunstancia ésta que se podría modificar transitoriamente mediante la oportuna reforma legal provisional por razones de urgencia y no sobrepasando, en ningún caso, los 4 m³/s del caudal ficticio continuo (126 hm³/año) determinado por la referida Ley 18/1981 ni tampoco el ámbito territorial de la provincia de Tarragona.

Cabe recordar un período anterior, que encadenó más de 17 meses sin lluvias cuantiosas. En efecto, el 16 de abril de 2007 entró en vigor el decreto de sequía con importantes restricciones al consumo de agua potable, que daba respuesta a la peor sequía vivida en las cuencas internas de Catalunya de la que se tiene recuerdo. Un periodo que se prolongó hasta el mes de enero de 2009, cuando la última cuenca que estaba en excepcionalidad, la del río Muga, salía de este escenario después de intensas lluvias que recargaron el embalse de Darnius-Boadella.

Este lapso de tiempo sin lluvias en las cabeceras de los ríos, y que mostró un lento pero constante descenso de las reservas embalsadas, llegó a su punto más crítico el 31 de marzo de 2008, cuando los embalses del sistema Ter-Llobregat bordearon el 20% de su capacidad y acercándose la sombra de los cortes de suministro a la ciudadanía. Semanas después, el Consejo de Ministros, en su reunión del día 6 de junio de 2008, a propuesta de la Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, adoptó el Acuerdo por el que se declaraba la concurrencia de la causa de cese de la vigencia del Real Decreto-ley 3/2008, de 21 de abril, de medidas excepcionales y urgente para garantizar el abastecimiento de poblaciones afectadas por la sequía en la provincia de Barcelona. Y es que, afortunadamente, la lluvia había hecho acto de presencia e incrementó las reservas de los embalses, dejando atrás una situación que no se ha vuelto a repetir hasta la actualidad, aún ahora con mayor gravedad, en que la capacidad de los embalses bordea peligrosamente el 16%.

Por otra parte, se podría establecer una planta desalobradoradora en el punto de captación del CAT en el río Ebro y canales de ambos márgenes que mejorara la calidad del recurso, que en el período estudiado alcanza cotas máximas de salinidad del orden de 1.868 µS/cm (Fig. 1) en el decenio analizado y de 1.250 µS/cm en periodo estival, lo que abarataría notablemente los costes del proceso de potabilización, beneficiando a todos los consumidores (municipios e industrias de la provincia de Tarragona) de agua del CAT, tanto presentes como futuros.

Es de destacar, que existe una problemática de salinidad excesiva en el agua de riego del Delta del Ebro. La conductividad del agua es un indicador importante de su composición y calidad. Es una medida de la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica, la cual depende de la concentración de iones disueltos en ella, como sales, minerales y metales. En términos químicos, cuando las sustancias se disuelven en agua y se ionizan, crean iones cargados positiva o negativamente que facilitan el flujo de electricidad.

En el Artículo 8 de este mismo libro ya nos extendíamos acerca de la problemática de la salinidad en el agua, tanto por sus efectos negativos sobre

el riego como en el abastecimiento industrial y urbano. Esto permite evaluar la pureza del agua y su idoneidad para diferentes usos, desde el consumo humano hasta su aplicación en diferentes procesos industriales.

De hecho, las siguientes figuras 1 y 2 resultan coincidentes con las correspondientes 13 y 14 de aquel Artículo de este mismo manual.

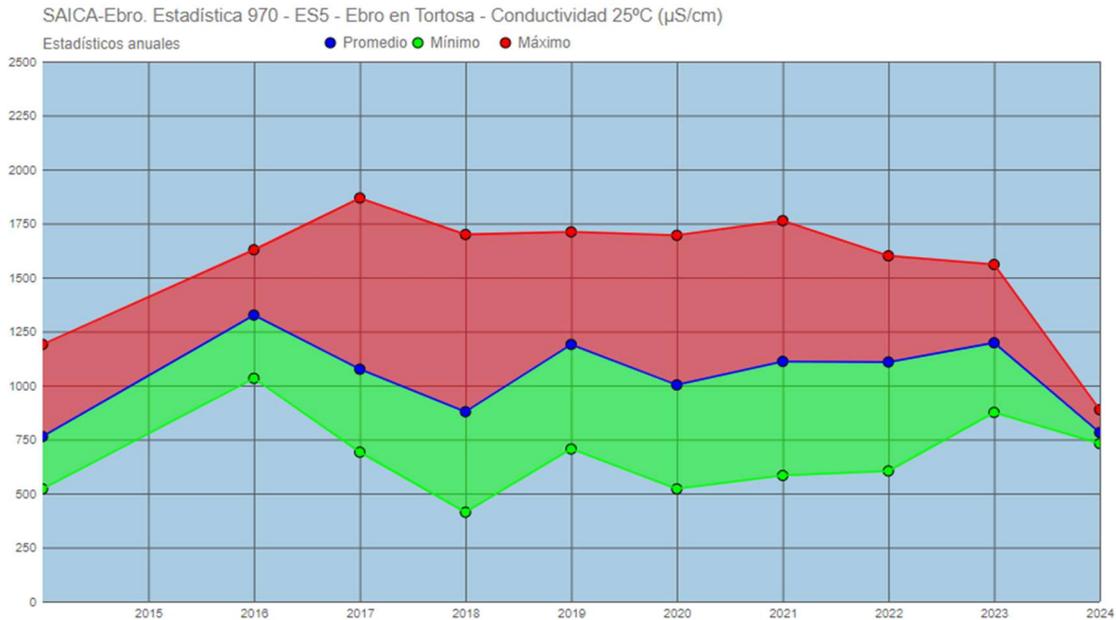


Fig. 1. Evolución anual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2014-2024).

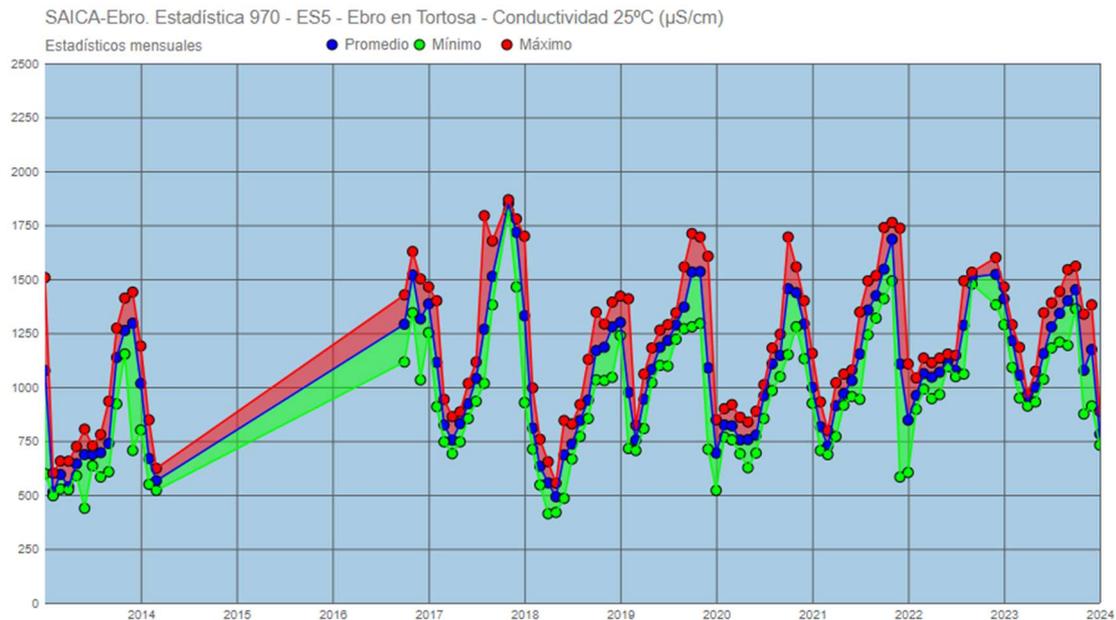


Fig. 2. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2013-2024).

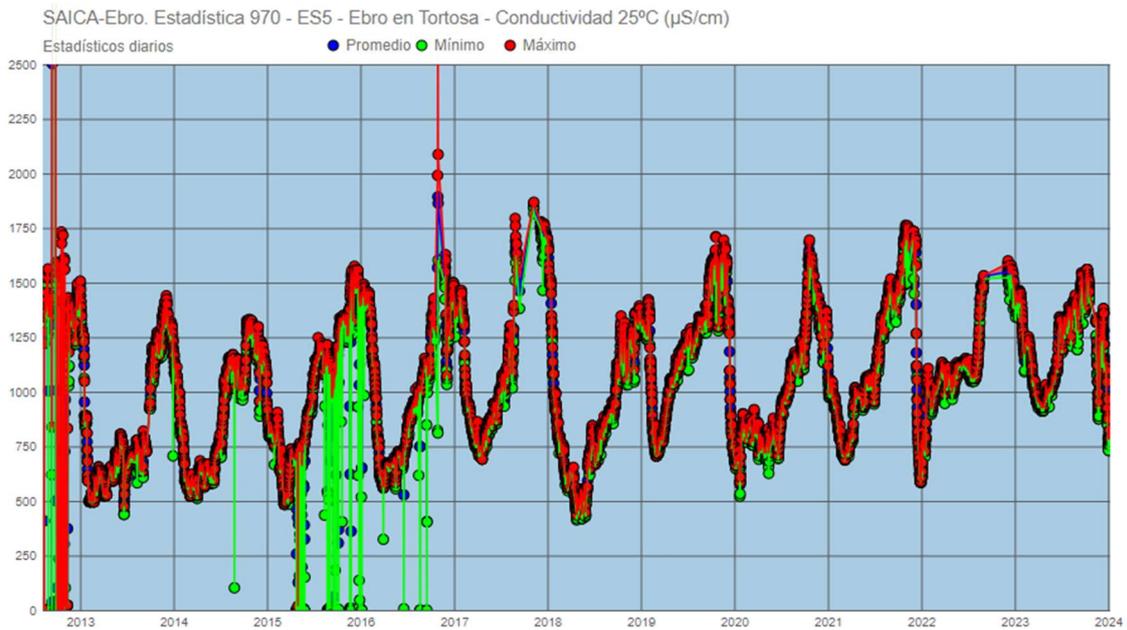


Fig. 3. Evolución diaria de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2013-2024).

El análisis comienza con el cálculo de estadísticos descriptivos, como la media, la mediana, el rango y la desviación estándar, para cada mes. Estos estadígrafos nos ayudarán a entender la variabilidad y la tendencia central de los datos de la correspondiente distribución de frecuencias de la conductividad.

En resumen, este análisis técnico no solo nos proporcionará información sobre la evolución histórica de la salinidad en la región, sino que también puede ser una herramienta valiosa para la gestión y planificación de recursos hídricos, especialmente en lo que respecta a la calidad del agua para sus diversos usos.

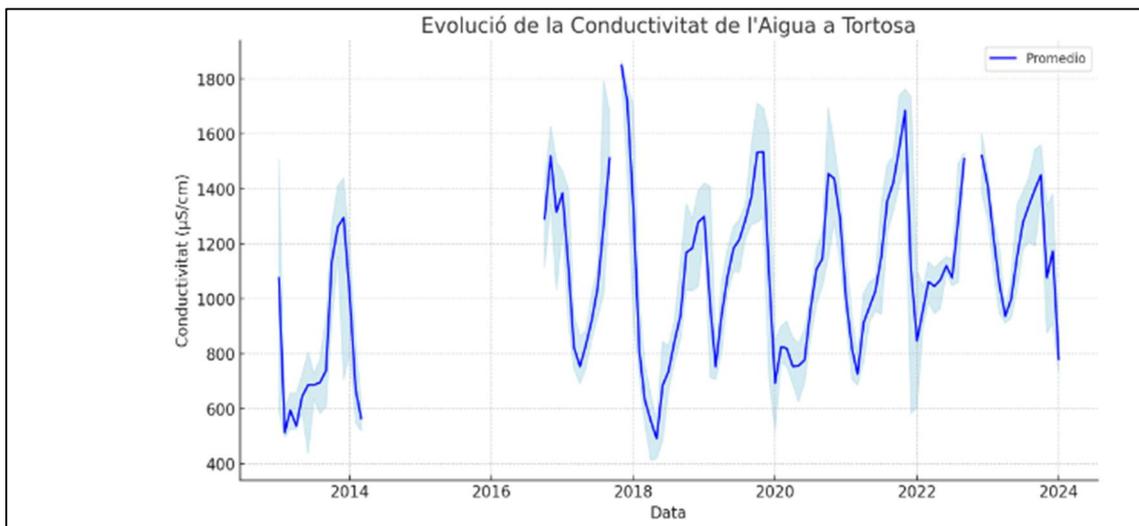


Fig. 4. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2014-2024). Detalle.

La visualización gráfica constituye una herramienta valiosa para comprender la evolución temporal de la conductividad del agua del Ebro en la estación de Tortosa. La línea azul, que representa la conductividad media mensual, y el área en azul claro, que muestra el rango de variación entre los valores mínimos y máximos, ofrecen una perspectiva suficientemente clara de cómo ha cambiado la salinidad del agua a lo largo del tiempo.

Los picos en la conductividad indican períodos de alta concentración de sales disueltas, sugiriendo posiblemente un aumento en la salinidad del agua. Estos podrían deberse a factores naturales, como reducciones en el caudal del río, o menores precipitaciones, o incluso a factores humanos como la descarga de aguas residuales o la escorrentía de áreas agrícolas. Por otro lado, los valores más bajos podrían reflejar períodos con agua menos salina, posiblemente debido a un aumento en el caudal del río o bien a precipitaciones abundantes que diluyen las concentraciones de sales.

Para profundizar en el análisis, sería beneficioso integrar otras variables y contextos. Por ejemplo, examinar las condiciones meteorológicas durante el período de estudio podría ayudar a correlacionar las precipitaciones y los cambios en el caudal del río con las variaciones en la conductividad del agua. Igualmente, considerar las actividades agrícolas e industriales en la zona podría revelar fuentes antropogénicas de variación en la salinidad. Además, analizar otros indicadores de calidad del agua, como los niveles de nutrientes o contaminantes, podría ofrecer una visión más completa de la salud ecológica del sistema acuático en Tortosa.

También analizamos, a continuación, la campaña parcial (5 meses) del año 2022, que transcurrió del 15 de abril al 15 de setiembre de aquel año, que puede verse en el siguiente gráfico:

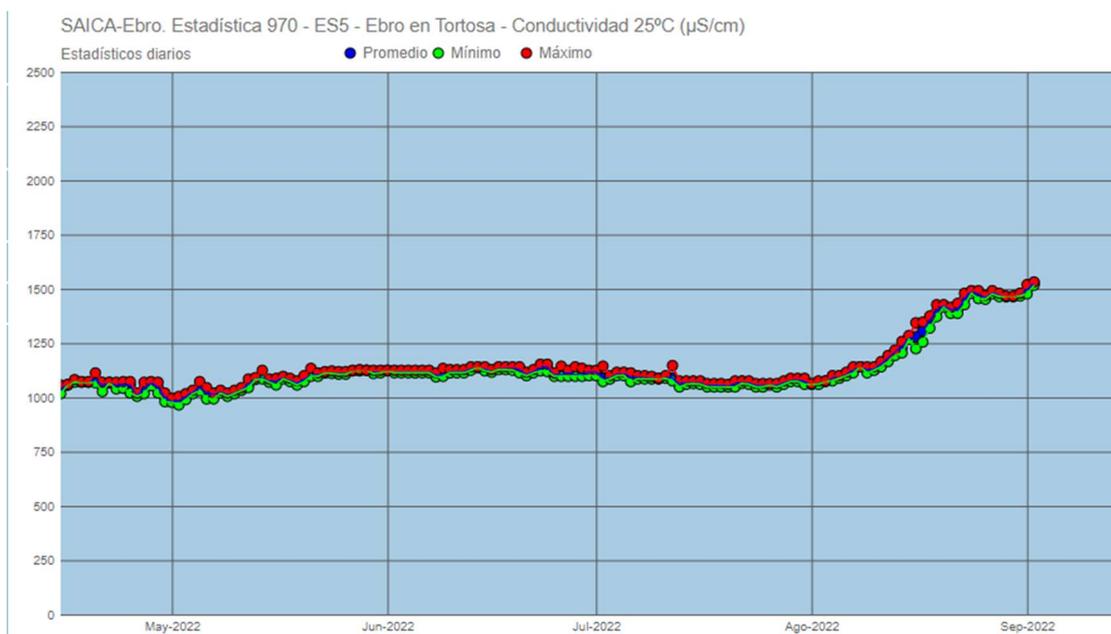


Fig. 5. Evolución diaria de la conductividad del agua que pasa por Tortosa entre el 15 de abril y el 15 de setiembre de 2022.

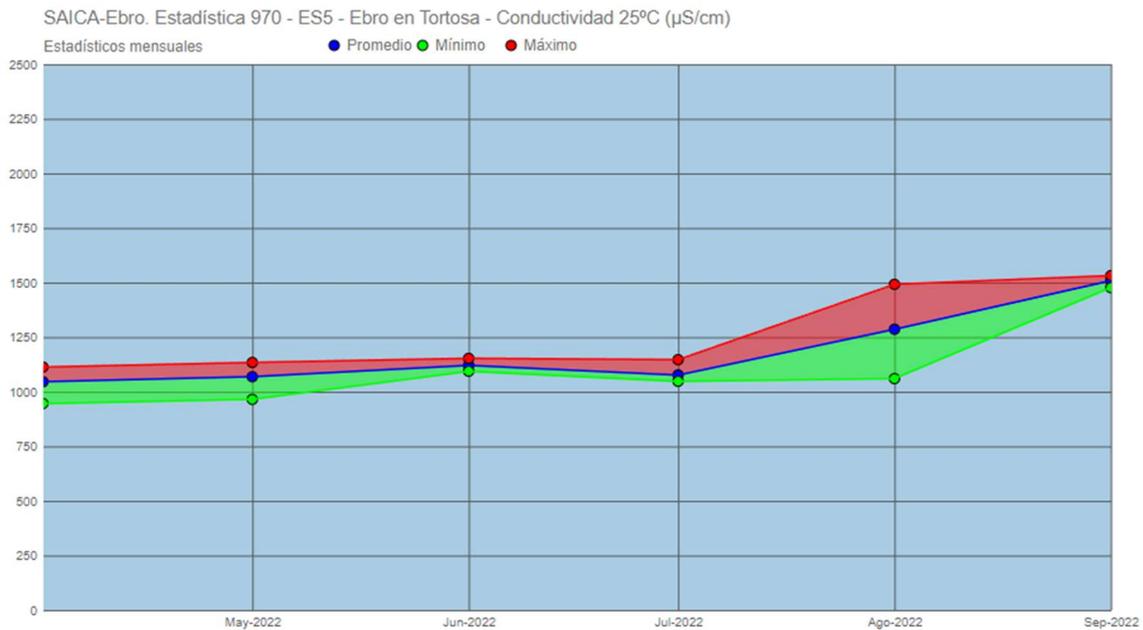


Fig. 6. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa entre el 15 de abril y el 15 de setiembre de 2022.

Alternativamente, la planta desalobradoras referida al principio del presente apartado podría estar situada en otro punto junto al río Ebro para el servicio exclusivo de las comunidades deltaicas (Comunidad de Regantes – Sindicato Agrícola del Ebro y Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro) que, de este modo, verían compensados sus esfuerzos de cesión a cambio de disponer de caudales de mejor calidad (menor salinidad) y cantidad en el caso de futuros episodios de sequía, como el actual del año 2023, en que se vio restringida la aportación del agua de riego en un 50% con los consiguientes efectos negativos en la productividad del arroz deltaico, según zonas, y de los valiosos ecosistemas existentes en dicho espacio natural, que goza de un alto valor ecológico y socioeconómico, así como de multitud de figuras de protección medioambiental (convenio RAMSAR, espacio PEIN, ZEPA, Reserva Mundial de la Biosfera, Red Natura-2000, Parque Natural del Delta del Ebro, etc.).

En diciembre del año 2009, el CAT elaboró un completo “Proyecto de conexión del sistema CAT con el embalse de Riudecanyes” (Fig. 7) con la finalidad de utilizar dicho pantano como garantía de reserva, en caso de averías en la captación de agua en el río Ebro que implicaran cortes del suministro prolongados en el tiempo. Dicho trabajo que constituía, por su elevado detalle, un auténtico proyecto constructivo, preveía la realización de las siguientes actuaciones:

- Construcción de una nueva estación de bombeo (denominada B28) complementaria a la B10 ya existente en el t. m. de Riudoms (Baix Camp).
- Instalación de una tubería de \varnothing 500 mm desde Montbrió del Camp hasta denominada “Acequia de Montbrió” de la Comunidad de Regantes del Pantano de Riudecanyes, con unos 1.083 m. de longitud.

- Entubado con el mismo diámetro de la acequia mencionada hasta el “Canal vell” perteneciente a la misma Comunidad de Regantes, en una longitud de 1.098 m.
- Acondicionamiento del “Canal vell” para permitir la conducción del agua hasta el pantano de Riudecanyes.
- Diseño de un sistema de tuberías que funcionaría de manera reversible, con todo sus mecanismos y piezas especiales de la red, para una capacidad portante de 150 l/s (540 m³/h).
- Construcción de una planta de potabilización del agua (ETAP) en Montbrió del Camp, después de completar la obra de abastecimiento al expresado municipio.

MEMÒRIA, ANNEXOS, PLÀNOLS, PLEC I PRESSUPOSTOS

Consorti d'Aigües de Tarragona

TÍTOL

Projecte de connexió del sistema CAT amb l'Embassament de Riudecanyes
BC31P-AT-RP

Terme Municipal MONTBRIÓ DEL CAMP, BOTARELL I RIUDOMS	Comarca BAIX CAMP
L'ENGINYER AUTOR del PROJECTE ALBERT CASAJUANA I PALET - E CCP 10.067	Pressupost d'Execució Material 13.595.267,60 €
EL DIRECTOR D'INFRAESTRUCTURES I PRODUCCIÓ J. XAVIER PUJOL I MESTRE - E CCP 10.791	Pressupost d'Execució per Contracta 18.766.907,40 €
Data de Redacció: DESEMBRE 2009	

Fig. 7. Carátula del proyecto técnico del CAT (Diciembre de 2009).

La ejecución de este proyecto posibilitaría, según el propio CAT:

- En caso de avería u otras circunstancias sobrevenidas, y previo acuerdo con la Comunidad de Regantes implicada, inyectar al sistema del CAT un caudal de 500 l/s procedentes del embalse de Riudecanyes.
- La posibilidad de retornar estos caudales al sistema de distribución de dicha Comunidad en los momentos más convenientes.

Un esquema general simplificado del proyecto mencionado puede verse en la Fig. 8.

En definitiva, se seguiría utilizando agua del Ebro dentro del mismo espacio territorial de la provincia de Tarragona establecido en la mencionada ley 18/1981 que regula la concesión vigente, aunque sí sería necesario efectuar una modificación legislativa para posibilitar también el destino del agua para uso agrícola en la zona regable de la Comunidad de Regantes del pantano de Riudecanyes.

Para ello, deberían cumplirse los siguientes condicionantes:

- Sólo en situación de emergencia, es decir, cuando el sistema de embalses Siurana-Riudecanyes se halla peligrosamente por debajo de su capacidad al comienzo de la campaña de riego.
- Sólo para servir el regadío de las superficies actuales inscritas, sin posibilidad alguna de ampliación del actual perímetro del riego de unas 4.000 ha.

Esta propuesta debería acordarse entre el propio Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT) y la Agencia Catalana del Agua (ACA) y presentarla a la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) para promulgar la declaración de utilidad pública y de urgencia del proyecto descrito, emulando lo que sucedió anteriormente con el “Real Decreto-ley 3/2008, de 21 de abril, de medidas excepcionales y urgentes para garantizar el abastecimiento de poblaciones afectadas por la sequía en la provincia de Barcelona”. La financiación debería correr a cargo del Estado, la Generalitat de Catalunya e incluso de la Diputación de Tarragona teniendo en cuenta su evidente repercusión plurimunicipal e intercomarcal.

2.3. Agua efluente de la EDAR de Reus

2.3.1. Idea previa

Se ha propuesto la aportación de agua regenerada de la EDAR de Reus hasta las cabeceras de las acequias de riego de la *Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes*, encaja absolutamente en los parámetros de la reutilización del recurso, habiéndose estudiado 6 opciones técnicas diferentes según las acequias escogidas, los volúmenes aportados, el grado de mezcla, etc., manteniéndose separados los abastecimientos en uso legalizados. Incluso podría existir un excedente de 3 hm³/año (95 l/s) de agua regenerada osmotizada durante los 8 meses fuera de la campaña de riego que, eventualmente, podrían destinarse a otros usos. Todo ello con una inversión estimada, en su momento, de 28.000.000 € más IVA (Albacar y Franquet, 2024).

2.3.2. Generalidades acerca de los posibles efectos perniciosos de la salinidad del agua sobre los cultivos

Existen dos condicionantes importantes del agua a emplear para el riego de la superficie regable que nos ocupa de la citada Comunidad de Regantes, aunque

en el presente apartado de nuestro Artículo nos referiremos especialmente al primero, a saber:

- a) **Salinidad:** La salinidad del agua de la depuradora de Reus, procedente del agua de abastecimiento en alta del Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT), resulta excesivamente elevada para el riego de la mayoría de los cultivos de la zona ($\cong 1.600 \mu\text{S}/\text{cm}$), aunque podría ser viable realizando un manejo controlado. De hecho, la conductividad eléctrica correcta del agua de riego no debería exceder de los 500-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el estudio realizado por la ACA se considera una desalación parcial (78% del caudal).
- b) **Estacionalidad:** El riego en la zona regable mencionada se viene realizando durante unas 12 semanas al año, mientras que los volúmenes disponibles en la depuradora se hallan repartidos de manera más o menos constante durante el período anual. En el estudio presentado por la ACA se consideran diferentes opciones de almacenamiento y servicio.

Se definen las aguas salinas como aquellas cuya Conductividad Eléctrica (CE) resulta superior a 2 dS/m (2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), donde la CE es la suma de cationes y aniones (sin determinar cuáles) existentes en la solución. Algunos de estos iones suelen resultar nocivos o tóxicos para las plantas o el ser humano y serán aportantes de CE; todas las sales generan CE, pero no todas ellas son fuente de nutrientes. Los cultivos pueden tener ciertos niveles de tolerancia a la salinidad, sin embargo, hay que tomar en cuenta que la fertilización química y orgánica contribuyen también al aumento de la CE, y por tanto al nivel de salinidad.

La salinidad de un suelo o agua se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica CE_e (extracto saturado del suelo) o bien CE_w (agua de riego). El valor de la CE está influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de la CE, mayor es la salinidad presente. Es importante considerar que, prácticamente, todos los fertilizantes inorgánicos o químicos de síntesis son sales y, por lo mismo, tienen un efecto directo sobre la CE.

La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia directa una disminución del rendimiento de los cultivos. Bajo condiciones de sequía o riegos deficitarios controlados (situación a la que está expuesta la zona regable que nos ocupa, donde abundan los riegos localizados de alta frecuencia), la acumulación de sales en la superficie de los suelos aumenta; esto es debido a que el agua aplicada en el riego no es capaz de lavar el exceso de sales. En estos casos, la elección correcta del fertilizante a aplicar ayudará a disminuir los riesgos de salinidad y podrá prevenir o reducir las pérdidas de rendimiento a que pueden estar expuestos los cultivos, aunque ello suponga un aumento del coste de producción.

Existen, en la literatura especializada al respecto, diversas fuentes de información para casi todos los cultivos, como puede verse en la tabla 1 siguiente. Así, por ejemplo, el tomate o el olivo son cultivos moderadamente resistentes a la salinidad, con un valor máximo de CEw de 1.700-1.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a partir de cuyo incremento de la salinidad en el agua de riego comienzan a reducirse sus rendimientos potenciales. Sin embargo, mucho más sensibles son los frutos secos o ciertas hortalizas.

La tabla 1 orientativa presenta las pérdidas de rendimiento de algunos cultivos, asociadas a la conductividad eléctrica presente en el suelo (CEe) y en el agua de riego (CEw), teniendo en cuenta, por lo que se refiere a las unidades empleadas, que $\text{mmho}/\text{cm} \equiv \text{dS}/\text{m}$. Así (Albacar y Franquet, 2022):

Tabla 1. Resistencia a la salinidad de diferentes cultivos herbáceos y leñosos.

Cultivo	0% pérdida		10% pérdida		25% pérdida	
	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4
Melón	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8
Patata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1
Olivo	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7
Limonero	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Manzano	1,7	1	2,3	1,6	3,3	2,2
Nogal	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Vid	1,5	1	2,5	1,7	4,1	2,7
Aguacate	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7
Fresa	1	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2

Ref. Libro azul SQM, adaptado de "Quality of water for irrigation" R.S. Aysers. Journal of the irrig. and Drain Div., ASCE. Vol 103, Junio 1977

CEe : Conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo, en mmhos/cm a 25°C .

CEw : Conductividad eléctrica del agua de riego, en mmhos/cm a 25°C .

También existen diversos modelos sobre el efecto de la salinidad en los rendimientos de los cultivos, de donde se deduce que el primer paso para controlar la salinidad en los cultivos es determinar su nivel de tolerancia o el umbral a partir del cual los rendimientos son afectados directamente por la salinidad en la solución.

2.3.3. Especificaciones acerca del uso para riego del agua efluente de la EDAR de Reus

El Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre (BOE nº 294 de 8 de diciembre del mismo año), por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas se inscribe en el mandato que el artículo 19.2 de la Ley 14/1986, de 25 de abril (BOE nº 102 de 29 de abril del mismo año), General de Sanidad, impone a las autoridades sanitarias el participar en la elaboración y ejecución de la legislación sobre aguas, por lo que en su articulado prevé su intervención en aquellos aspectos de la reutilización de aguas no contemplados en las especificaciones técnicas y que podrían suponer un riesgo para la salud de los ciudadanos.

Con este real decreto, se cumple también con el objetivo general previsto en la mencionada Ley General de Sanidad, sobre la necesaria participación de las Administraciones competentes en este ámbito mediante la vigilancia sanitaria, la promoción y la mejora de los sistemas que permiten alcanzar parámetros de calidad de las aguas compatibles con la salud de la población.

Por lo que se refiere a los usos de riego de mayor importancia en la zona regable de la *Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes*, en su Anexo I.A se establecen los criterios de calidad exigibles, a saber:

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCMERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
2.- USOS AGRÍCOLAS¹					
CALIDAD 2.12 a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ³ con los siguientes valores: n =10 m=100 UFC/100 mL M=1.000 UFC/100 mL c=3	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. <i>Legionella spp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000

NOTAS: ¹ Características del agua regenerada que requieren información adicional: Conductividad 3,0 dS/m ; Relación de Adsorción de Sodio (RAS): 6 meq/l; Boro: 0,5 mg/l; Arsénico: 0,1 mg/l; Berilio: 0,1 mg/l; Cadmio: 0,01 mg/l; Cobalto: 0,05 mg/l; Cromo: 0,1 mg/l; Cobre: 0,2 mg/l; Manganeso: 0,2 mg/l; Molibdeno: 0,01 mg/l; Níquel: 0,2 mg/l; Selenio : 0,02 mg/l; Vanadio: 0,1 mg/l. ² Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que señale, para cada caso, la autoridad sanitaria competente, sin las cuales, esos usos no serán autorizados. ³ Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

También resulta de consideración el cuadro siguiente:

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
<p>CALIDAD 2.2</p> <p>a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior.</p> <p>b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.</p> <p>c) Acuicultura.</p>	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ¹ con los siguientes valores: n =10 m=1.000 UFC/100 mL M=10.000 UFC/100 mL c=3	35 mg/L	No se fija límite	<p>OTROS CONTAMINANTES Contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p><i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i>: 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne)</p> <p>Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i>, etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000</p>
<p>CALIDAD 2.3</p> <p>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.</p> <p>b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.</p> <p>c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.</p>	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.</p> <p><i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L</p>

NOTAS: ¹ Siendo n: n° de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

La reutilización de las aguas depuradas es un elemento esencial del ciclo natural del agua y, de hecho, la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) la contempla como medida para solucionar los problemas de la escasez de agua. La reutilización es muy valiosa para la agricultura, dado que garantiza el recurso de forma continua. Su aplicación es una práctica común en muchas zonas, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. La tecnología actual de depuración permite obtener efluentes de agua regenerada de diversas calidades, incluso hasta un nivel tan alto como la del agua potable. La finalidad es conseguir un producto que sea adecuado para ser empleado en diferentes usos (agrícola, industrial, recreativo, municipal, etc.). Concretamente, para poder aplicar la reutilización para cualquier uso agrícola, se requiere la aplicación de tratamientos terciarios avanzados.

No obstante, la reutilización no está exenta de riesgos, tanto en lo referente a su posible falta de idoneidad agronómica para riego, como de los sanitarios, debidos a la posible presencia de microorganismos patógenos en el agua regenerada. Además, hay que tener en cuenta que con la reutilización se puede afectar al medioambiente por la posible presencia de agentes biológicos, metales pesados y diversos compuestos orgánicos que son capaces de producir efectos perjudiciales a largo plazo.

Los riesgos microbiológico-sanitarios asociados al riego con agua depurada procedente de una EDAR como la que se pretende, dependen de varios factores que pueden ser agrupados en dos clases:

- Factores asociados a las características propias del agua y el tratamiento recibido: carga microbiana y sistema de depuración empleado.
- Factores derivados de la manipulación del agua en el riego: sistemas de riego (aspersión, riego localizado y por superficie), climatología local (temperatura y vientos), exposición de las personas al agua regenerada o a aerosoles de la misma. En este sentido, el riego localizado es el método más adecuado para el uso del agua regenerada, ya que el contacto del agua con el cultivo y las personas es mínimo. Si se emplea el riego por aspersión, el riego debe hacerse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada; también debe minimizarse el riesgo de encharcamiento, asegurando que la escorrentía superficial queda confinada en el propio terreno de cultivo. Además, cabe indicar que la captación, los sistemas de almacenamiento, las redes de distribución y aplicación de las aguas depuradas para riego deben estar diseñados y señalizados de forma que en ningún caso puedan producirse contaminaciones cruzadas ni inducir a errores. Las señales de aviso, tuberías y accesorios serán de color violeta (PANTONE 2577U ó RAL 4001), por ser el color más consensuado entre los países que ya han implantado el sistema de regeneración de aguas.

Por todo ello, el empleo de aguas residuales depuradas para el riego de cultivos destinados al consumo humano ha suscitado mucha preocupación a los consumidores, a las autoridades sanitarias y medioambientales. Pero por otro lado se debe tener en cuenta que la regeneración y reutilización planificada del agua para los distintos usos es una estrategia que ha ido ganando aceptación en muchas partes del mundo, que conecta directamente con el nuevo paradigma de la Economía Circular². Para poder garantizar una calidad de agua adecuada para la reutilización, desde un punto de vista sanitario y medioambiental, se debe llevar a cabo un programa de control analítico o Autocontrol. Para ello, debe llevarse a cabo una serie de mediciones de distintos parámetros, con las frecuencias establecidas para cada uno de ellos y en cada uno de los puntos de control. Como mínimo, se deben controlar los siguientes parámetros: Nematodos intestinales, *Escherichia coli*, *Legionella spp* (en riego por aspersión), sólidos en suspensión y turbidez.

A este respecto en España, en diciembre de 2007 se promulgó el ya referido Real Decreto 1620/2007, que estableció los usos permitidos y los criterios de calidad, de frecuencia mínima de muestreo, de punto de referencia para los métodos analíticos y de conformidad. También especifica los procedimientos relativos a las concesiones de reutilización de aguas. En 2010 el MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO publicó la *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*. El objetivo de esta guía es orientar y

² La “economía circular” es un modelo de producción y consumo que implica compartir, arrendar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar los materiales y productos existentes durante el mayor tiempo posible. Constituye un nuevo sistema económico y social que busca producir bienes y servicios aprovechando los recursos y reduciendo el consumo de materias primas, agua y fuentes de energía.

proponer diversos procedimientos y criterios para la aplicación del RD de reutilización a los distintos agentes involucrados, facilitando el trabajo de comprensión e interpretación del mismo.

Respecto a la idoneidad agronómica de este tipo de aguas, las aguas depuradas pueden presentar altos niveles de sal y altas concentraciones de iones fitotóxicos. Por ello, resulta muy importante establecer un seguimiento exhaustivo de su calidad, mediante el control de los siguientes parámetros:

- **pH** del agua, que puede alterar el equilibrio del suelo.
- **Sólidos en suspensión.** Pueden provocar obturación en los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (microaspersión, exudación, goteo).
- **Exceso de salinidad.** Conforme aumenta la conductividad eléctrica del agua (CE) disminuye el rendimiento de los cultivos, como se ha puesto de manifiesto en el expositivo anterior. Valores por debajo de los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no producen efectos perjudiciales en las producciones de la mayoría de cultivos; y valores entre 1.000 y 2.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pueden producir reducciones de la producción que, en ningún caso, superan el 10%. A partir de estas cifras se consideran aguas no aptas para riego. Además, se puede provocar la salinización del suelo agrícola, con efectos perniciosos a medio y largo plazo.
- **Toxicidad por iones**, pues cuando su concentración supera el nivel de tolerancia se manifiestan los síntomas de toxicidad y la disminución del rendimiento de los cultivos: (i) *Cloruro*, se considera como límite de tolerancia a este ion 0,5 g/l, este valor sólo es orientativo pues la manifestación de toxicidades concretas dependerá de las condiciones particulares en cada caso; (ii) *Sodio*, concentraciones superiores a 0,2 - 0,3 g/l en agua de riego pueden dar lugar a la aparición de los síntomas de toxicidad, y también puede provocar la degradación del suelo; (iii) *Boro*, entre los cultivos más sensibles a esta toxicidad se encuentran los cítricos, que pueden manifestarla con concentraciones inferiores a 0,5 mg/l; (iv) además, en algunos casos muy concretos, algunos iones como *sulfatos* y *bicarbonatos* también pueden provocar daños tóxicos.
- **Nutrientes** como nitrógeno, fósforo o potasio, que son esenciales para el desarrollo vegetal, pueden estar presentes en altas concentraciones en las aguas depuradas, por lo que se puede aprovechar su valor fertilizante, disminuyendo o incluso suprimiendo la utilización de productos agroquímicos. Pero una carga excesiva de estos nutrientes puede provocar efectos nocivos para el suelo, las aguas subterráneas y las superficiales (riesgo de eutrofización).

Debido a esta gran cantidad de nutrientes vegetales que contienen las aguas depuradas, cuando éstas son almacenadas en balsas, junto con unas condiciones climáticas adecuadas, provocan el crecimiento y desarrollo de algas y macrófitos que pueden provocar obturaciones de los emisores de los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) que afectan, principalmente, al coeficiente de uniformidad de aplicación del agua de riego en

la parcela, lo cual conduce a variaciones significativas en el crecimiento y reducciones en la productividad del cultivo.

Para finalizar, cabe indicar la gran importancia y responsabilidad de la Administración competente (Estado, Generalitat de Catalunya, Ayuntamiento de Reus), los gestores de la EDAR (Aigües de Reus) y de los usuarios de la reutilización (la propia Comunidad de Regantes beneficiaria), dado que un fallo en el control de la calidad del agua depurada puede afectar negativamente a todo el sector agrícola. Como ejemplo, basta con recordar el brote de *Escherichia Coli* localizado en Alemania en mayo de 2011. Este brote en un principio se relacionó erróneamente con una partida de pepinos españoles y ocasionó, por extensión, un importante efecto negativo sobre las exportaciones y los precios de todo tipo de cultivos hortícolas.

2.3.4. Especificaciones acerca del uso para abastecimiento humano del agua efluente de la EDAR de Reus

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero (BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003) establece los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde el punto de captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad y en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, se establecen las siguientes responsabilidades en el ámbito de este Real Decreto:

1. Los municipios son responsables de asegurar que el agua suministrada a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil en su ámbito territorial sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor.
2. Cuando la captación o la conducción o el tratamiento o la distribución o el autocontrol del agua de consumo lo realice un gestor o gestores distintos del municipio, éste velará por el cumplimiento de este Real Decreto por parte de los mismos. La responsabilidad de los gestores finaliza en el punto de entrega a otro gestor o en la llave de paso general de la acometida del consumidor.
3. Los municipios velarán por el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de los establecimientos que desarrollen actividades comerciales o públicas en relación con lo que señala esta disposición. Los titulares de dichos establecimientos deberán poner agua a disposición de sus usuarios conforme con los apartados 4 y 5 del artículo 17.

4. Corresponde a los municipios el autocontrol de la calidad y el control en grifo del agua que consume la población en su municipio cuando la gestión del abastecimiento sea de forma directa.
5. Cuando la gestión del abastecimiento sea de forma indirecta, el autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad de los gestores, cada uno en su propia parte del abastecimiento.
6. Si la calidad del agua de consumo humano sufre modificaciones que impliquen que, de forma temporal o permanente, no sea apta para el consumo, en cada uno de los casos que señalan los apartados 1, 2 y 3 del mencionado artículo, el gestor deberá poner en conocimiento de la población y/o de los otros gestores afectados, así como del municipio, en su caso, dicha situación de incumplimiento, las medidas correctoras y preventivas previstas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con la autoridad sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.
7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

El agua de consumo humano deberá ser saludable y limpia, según el mencionado Real Decreto 140/2003, cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana.

Tal y como explicita el artículo 7 de dicho Real Decreto, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, titulado "Captación del agua para el consumo humano", dicha captación puede proceder de cualquier origen siempre que no entrañe un riesgo para la salud de la población. Por tanto, con la normativa actual, es factible la utilización del agua depurada de la EDAR de Reus, con los tratamientos terciarios necesarios, para el uso de boca.

La entidad pública o privada responsable de la construcción de la captación deberá instalar las medidas de protección adecuadas y señalar de forma visible para su identificación como punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, según establezca la autoridad sanitaria, con el fin de evitar la contaminación y degradación de la calidad del agua.

Se recomienda que el agua aportada sea de calidad similar a la existente en la actualidad para evitar tratamientos de potabilización diferentes a los actuales, ya que esto provocaría un perjuicio y un mayor coste de potabilización.

Antes de la puesta en funcionamiento de la conducción del agua, se realizará un lavado y/o desinfección de las tuberías, el material de construcción no transmitirá al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren la

calidad del agua. Si la conducción fuera abierta, el gestor deberá proceder a su cerramiento siempre que la autoridad sanitaria considere que existe un riesgo para la salud de la población.

Los depósitos o cisternas para el agua de consumo humano deberán cumplir, en todo momento, con los requisitos exigibles de los materiales de construcción en contacto con el agua de consumo humano. No transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un riesgo para la salud de la población abastecida.

Las soluciones propuestas quedan reflejadas en las figuras del epígrafe siguiente (Albacar y Franquet, 2024).

2.3.5. Esquemas propuestos de la transferencia de agua efluente hasta la zona regable del embalse de Riudecanyes

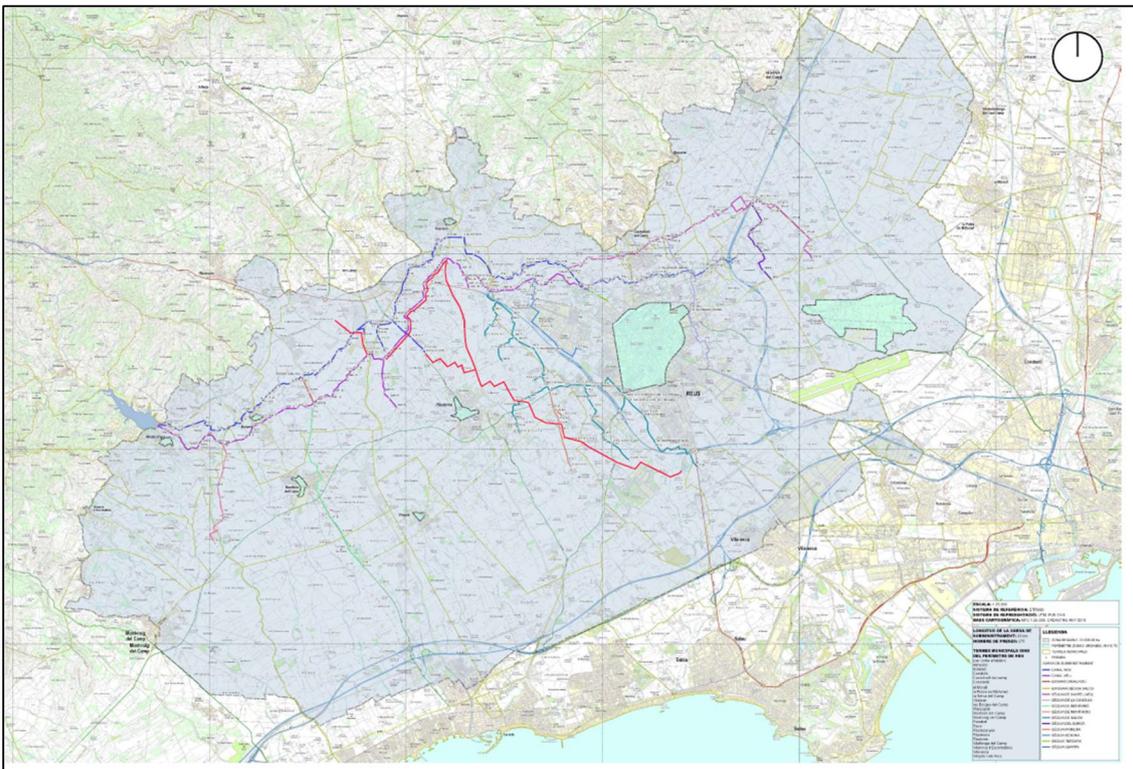


Fig. 9. Planta General aportación agua reutilizada EDAR de Reus a la zona regable del pantano de Riudecanyes.

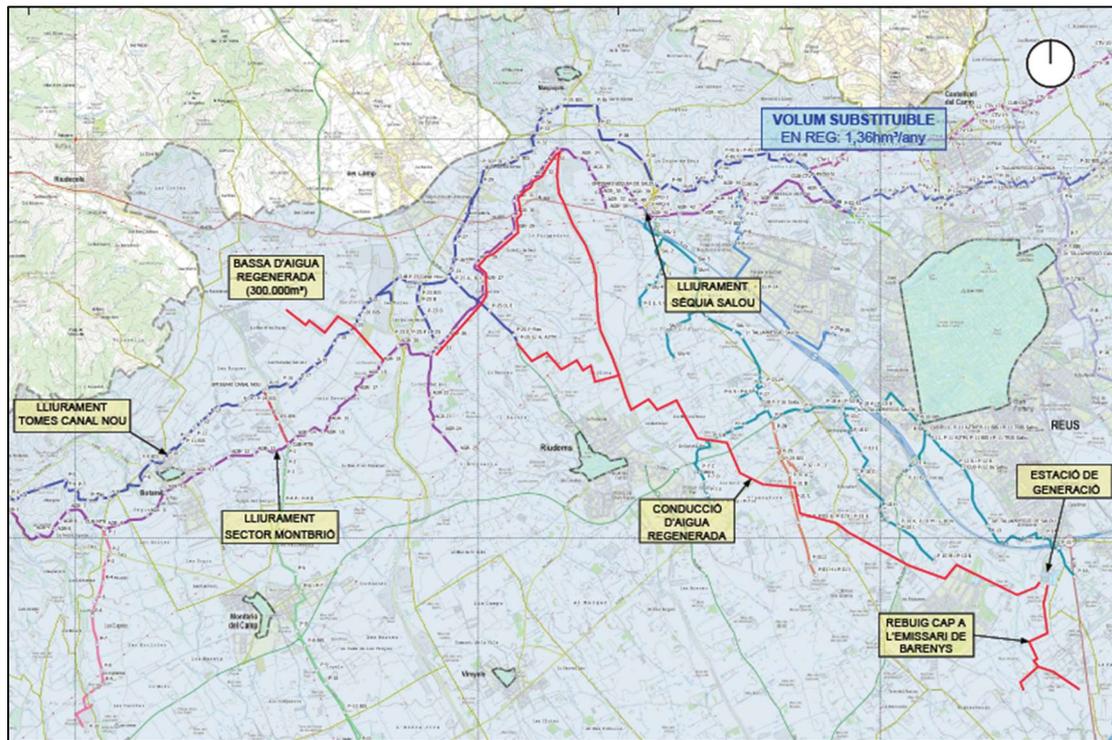


Fig. 10. Planta General de la aportació de aigua reutilitzada de la EDAR de Reus. Alternativa seleccionada (I).

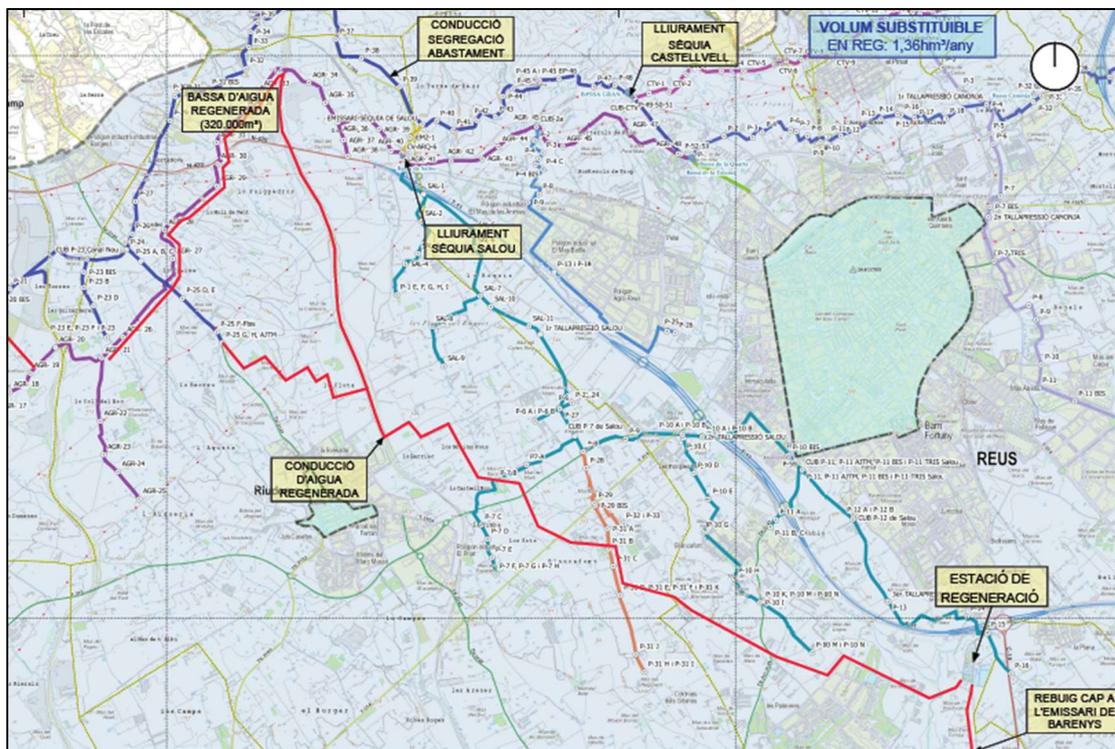


Fig. 11. Planta General de la aportació de aigua reutilitzada de la EDAR de Reus. Alternativa seleccionada (II).

3. ESTUDIO DEL AGUA DERIVADA DEL EMBALSE DE SIURANA AL DE RIUDECANYES

3.1. Historia somera de los embalses de Riudecanyes y Siurana

Según las pertinentes concesiones administrativas de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) del año 2007 (4.000 l/s) y de la Agencia Catalana del Agua del año 2016 (291 l/s), la *Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes* (cuena interna de Catalunya) se abastece de agua procedente de la cuena hidrográfica del Ebro mediante la conducción en servicio existente.

La presa y embalse de Riudecanyes es propiedad de la Comunitat de Regants de Riudecanyes. La mayor parte del caudal que almacena proviene de las rieras adyacentes, alimentada a la vez por el trasvase del sistema hidrográfico del Siurana. Actualmente, el agua se destina a los regadíos de las comarcas catalanas del Baix Camp y del Tarragonès, así como al abastecimiento humano de varias poblaciones (Vila-seca, Salou, Riudoms y Reus).

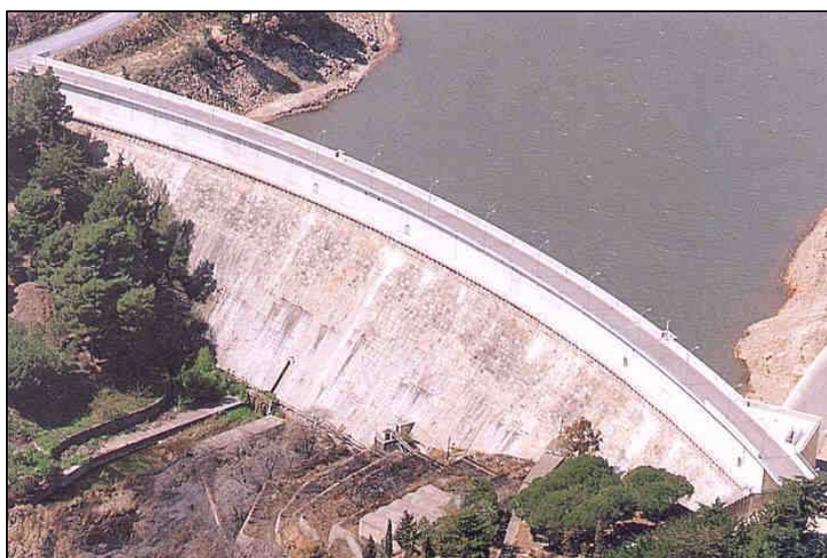


Fig. 12. Fotografía de la presa del embalse de Riudecanyes. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).

El pantano de Riudecanyes (ver figura 12) fue impulsado a finales del siglo XIX por gente de Reus, Riudoms, Cambrils, Vila-seca, Vallmoll y el Rourell. Paralelamente, el ayuntamiento de Reus encargó en 1897 un estudio a los ingenieros Francesc Macià, Josep Mora y Alfons Benavent para llevar agua a distintas partes de la ciudad y regar los campos, debido a las dificultades para conseguir agua potable para la ciudad. El estudio comprendía las cuenas del Riudecanyes y del Siurana, y la construcción de un canal para llevar agua de este último, a unos 460 m de altura, a Riudecanyes, a sólo 210 m de altitud.

En 1901 se constituyó una Comisión de Pantanos, propiciada por el ayuntamiento de Reus y formada por el industrial Josep Maria Tarrats y los abogados Julià Nougués y Pau Font de Rubinat, que propusieron al Estado la

construcción de los pantanos de Francolí y de Riudecanyes. Estas propuestas fueron incluidas en el Plan General de Embalses del Estado.

En 1903, el ingeniero Cayetano Ubeda y Sarrachaga proyectó el pantano; la primera piedra fue puesta en 1904. En 1907 se abandonó la obra hecha y se inició la construcción de la presa 800 metros más abajo donde está situada actualmente, entrando en funcionamiento en 1919. La altura de la presa era de 34,5 m y tenía una capacidad de unos 3,40 hm³. La cuenca de captación del pantano es de aproximadamente 30 km².

En 1924-25, con motivo de una fuerte sequía, se estudió la posibilidad de llevar las aguas del río de Siurana, y se obtuvo la autorización para el trasvase el 1930. La obra del canal del trasvase, proyectada por Joaquim Blasco, no se acabó hasta el año 1951 y fue después complementada por la construcción del pantano de Siurana, que amplió considerablemente el porcentaje de las tierras de regadío de la comarca catalana del Baix Camp.

En el 1989 el pantano volvió a vaciarse debido a las obras de ampliación que pretendían aumentar la capacidad en un 70%. En noviembre del 1991 se inauguró la obra de recrecimiento. El embalse tiene actualmente, en la cota máxima de embalse, una superficie de 40,3 ha y una capacidad de 5,32 hm³ (1,92 hm³ más). La presa es de tipo gravedad de hormigón (ver figura 18), con una altura desde los cimientos de 51 m, la longitud de la coronación es de 234,75 m siendo su cota 220,50 m.s.n.m. La cota de la cimentación se encuentra a la 170,5 m.s.n.m, situándose la cota del cauce 175,4 m.s.n.m. El volumen del cuerpo de la presa es de 40.990 m³, disponiendo de un desagüe de fondo y un aliviadero de labio fijo diseñado para evacuar una avenida de 180 m³/s.

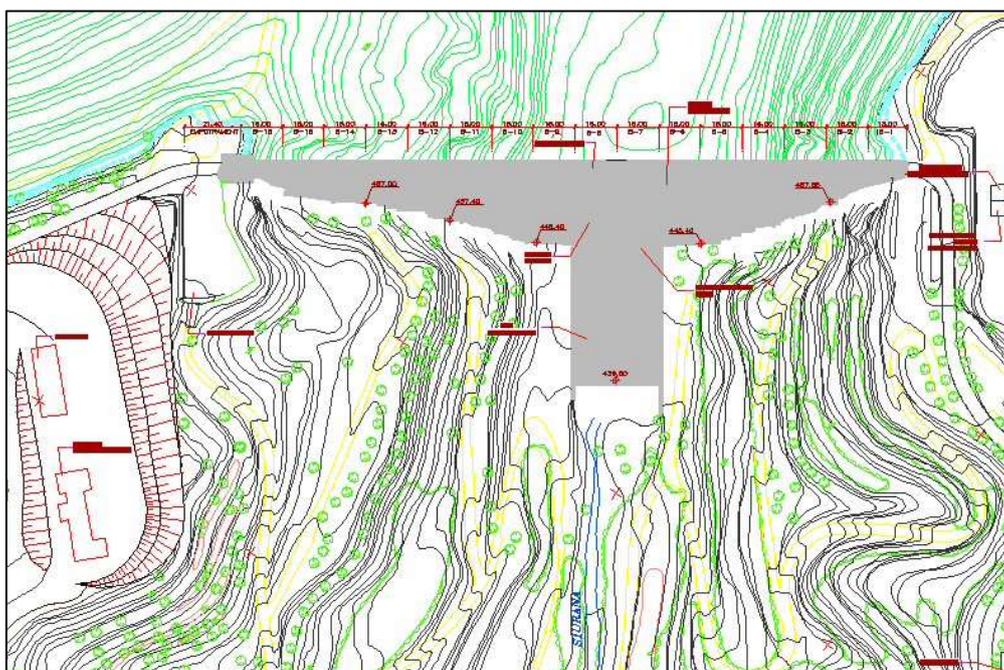


Fig. 13. Plano en planta de la presa del embalse de Siurana. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).

3.2. Caracterización del entorno donde se sitúan los embalses de Riudecanyes y Siurana

3.2.1. Condiciones climatológicas

El embalse de Riudecanyes se sitúa en el municipio catalán del mismo nombre, en la comarca del Baix Camp. El clima en la comarca es mediterráneo litoral sud y mediterráneo prelitoral sud en la zona montañosa. Esta variabilidad climática es debida a las diferencias de altitud y a la presencia del mar. En las montañas septentrionales el clima se hace más fresco y húmedo. Las sierras septentrionales protegen la comarca de los vientos fríos del norte (“tramuntana”) y los vientos secos y racheados del noroeste (“mestral” o cierzo). El Baix Camp se encuentra al abrigo de estos vientos, por lo que el dominio casi constante de los vientos marítimos húmedos que proceden del Mediterráneo (“levante”) es muy bajo. Por eso domina el tiempo poco extremo, sin demasiado calor ni temperaturas muy bajas.

El Baix Camp está situado dentro del área de influencia del mistral o sereno. Es un viento seco y tibio que baja por el canal del río Ebro, de componente noroeste. Sopla con cierta violencia de octubre a abril, aunque con alguna menor intensidad que en las comarcas del Ebro.

Las temperaturas medias anuales en el Baix Camp se sitúan por encima de los 14°C en el llano y por debajo de esta temperatura en las sierras (ver figura 14). En las laderas más elevadas las medias pueden ser en torno a los 10°C. Los inviernos son templados con temperaturas medias mensuales en enero de entre 8°C y 10°C. En los picos más altos de las montañas de Prades las medias de este mes se encuentran por debajo de los 4°C. Las heladas son raras en la llanura. Los veranos son calurosos, aunque la brisa marina refresca y humedece la atmósfera durante el día. Las temperaturas medias mensuales de julio se sitúan entre 23°C y 24°C en la llanura. En las laderas superiores los veranos son frescos y a menudo se forman nieblas a consecuencia de la convección de la brisa del mar. Estas nieblas tienen una gran importancia para la vegetación.

Las precipitaciones en el Baix Camp son escasas en la llanura, de entre poco menos de 500 mm y 600 mm. A medida que nos separamos de la línea de costa y ascendemos hacia las montañas de Prades, las precipitaciones son más abundantes. En las partes altas de estas sierras caen más de 700 mm de media anual. La estación más seca es de forma muy destacada del verano, en especial el mes de julio, en el que hay años en los que no cae ni una gota, sobre todo en la llanura. La estación más lluviosa es el otoño, seguida de la primavera. Las precipitaciones son, en general, irregulares y a menudo caen torrencialmente, lo que provoca inundaciones de los arroyos, que se encuentran casi secos el resto del año.

El embalse de Siurana se sitúa en el municipio de Cornudella de Montsant, en la comarca catalana del Priorat. El clima en la comarca del Priorat es mediterráneo prelitoral norte, a pesar que en el extremo oeste presenta características del clima mediterráneo continental seco. La brisa marina llega,

pero el conjunto de sierras y muelas paralelas a la costa dificultan la entrada del aire marítimo húmedo y templado. Esta disposición del relieve hace que las noches de invierno sean muy frías.

La temperatura media anual, en el Priorat, se sitúa en torno a los 15°C en el sector más bajo y cercano a la cubeta de Móra, y los 12°C en las laderas superiores de las sierras de Montsant y montañas de Prades (ver figura 15). Los inviernos son muy fríos en la mitad norte de la comarca, con medias mensuales en enero por debajo de los 5° y 7° en el resto de la comarca. Los veranos son calientes, con temperaturas mensuales medias en julio de entre 22° y 24° en buena parte de la comarca. Las temperaturas son más frescas en las laderas superiores.

Las precipitaciones son más bien escasas, de entre 500 y 700 mm de media anual. Son más abundantes hacia las montañas de Prades. La estación más lluviosa es el otoño.

La Comunitat de Regants del pantà de Riudecanyes dispone de registros de precipitación anual en los embalses de Riudecanyes y Siurana, siendo los períodos de recogida de datos 1907-2019 y 1951-2019 respectivamente. También se dispone de los registros de la localidad de Reus para el período 1929-2019. La precipitación anual promedio en el embalse de Riudecanyes es de 573 mm (ver figura 16), siendo el valor máximo 976 mm correspondiente al año 1936 y el valor mínimo 177 correspondiente al año 1948. La precipitación anual promedio en el embalse de Siurana es de 529-547 mm (ver figura 17), siendo el valor máximo 956 mm correspondiente al año 1996 y el valor mínimo 265 mm correspondiente al año 1966.

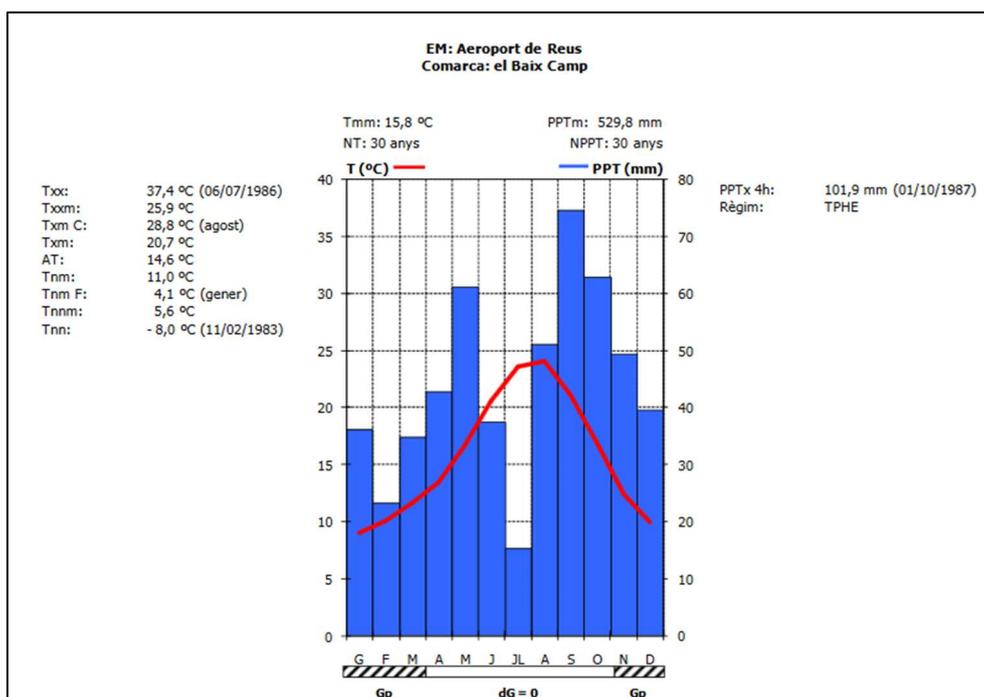


Fig. 14. Variables climáticas de la estación representativa del Baix Camp, concretamente Reus. Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat).

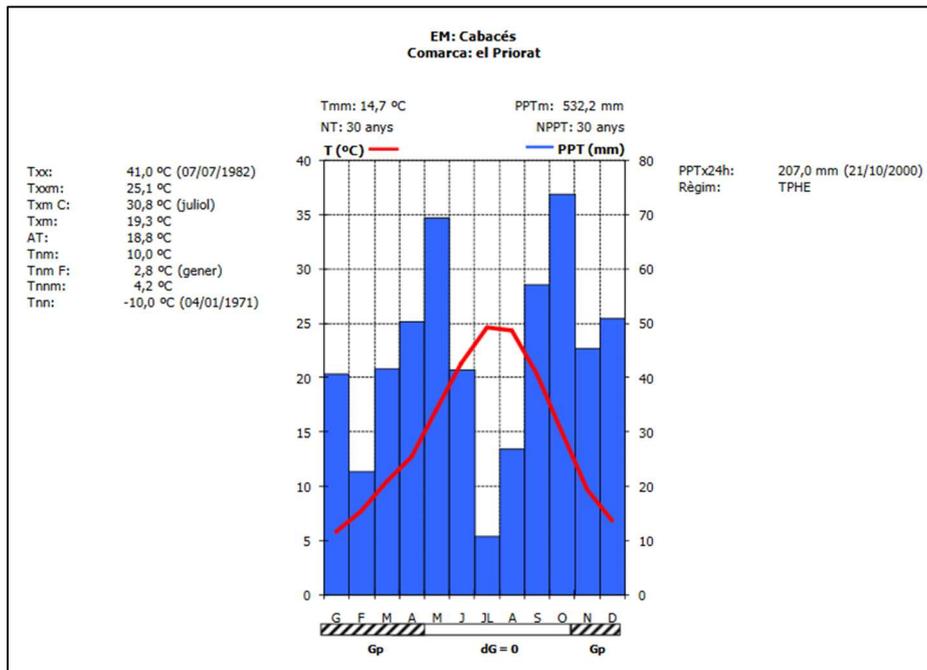


Fig. 15. Variables climàtiques de la estació representativa del Baix Camp, concretament Cabacés. Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat).

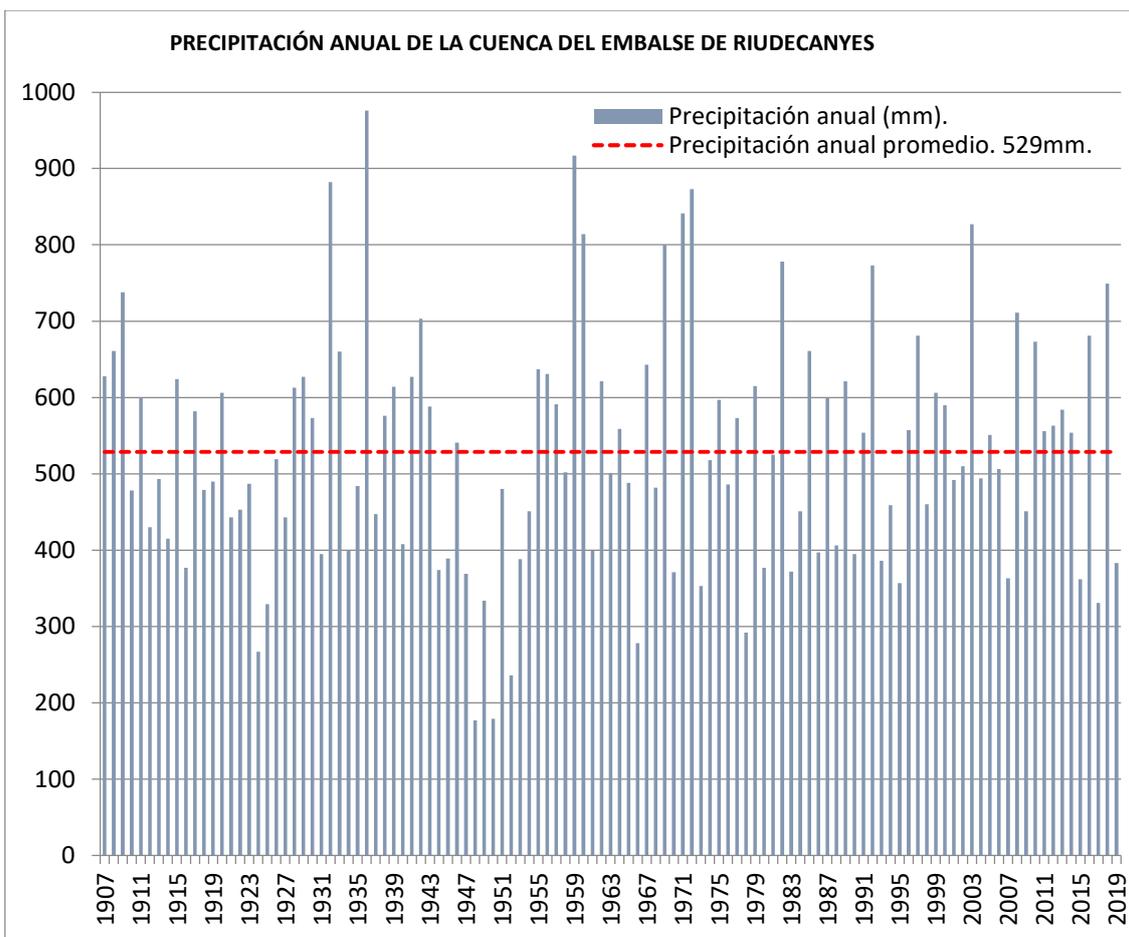


Fig. 16. Serie temporal de los registros de la precipitación anual caída en el embalse de Riudecanyes. Fuente: Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes.

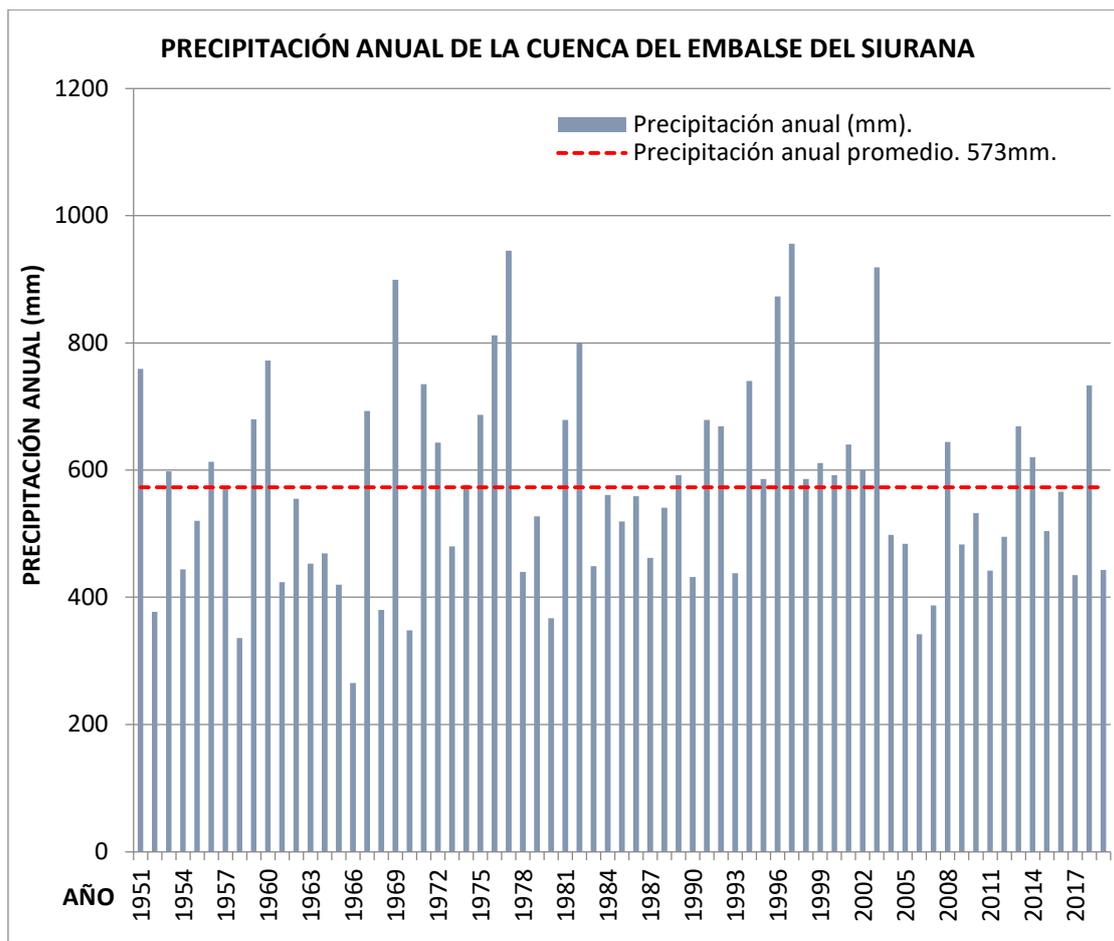


Fig. 17. Serie temporal de los registros de la precipitación anual caída en el embalse de Siurana. Fuente: Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes.

3.2.2. *Condicionantes antropológicos*

Los embalses de Riudecanyes y Siurana se construyeron principalmente para abastecer el regadío de la comarca del Baix Camp, así como abastecer a los municipios de Reus, Riudoms, Vila-seca y Salou. El abastecimiento urbano es el principal condicionante de origen antropológico, ya que dicha demanda se antepone a las demás demandas en caso de sequía o insuficiencia de recurso.

El abastecimiento urbano del embalse de Riudecanyes queda limitado a los municipios de Reus, Riudoms, Vila-seca y Salou, según se especifica en la concesión de la ACA, con un volumen máximo anual limitado a 623.200 m³. Según datos del año 2019 del Instituto de Estadística de Catalunya (Idescat) la población de los expresados municipios es de 104.373, 6.594, 22.187 y 27.476 habitantes respectivamente, sumando un total de 160.630 habitantes. El consumo diario por persona que satisface la concesión al abastecimiento del embalse de Riudecanyes es de 10,62 l/hab*día. Teniendo en cuenta que el consumo diario por persona en Catalunya, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), es de 127 l/hab*día, el embalse de Riudecanyes satisface el 8,36% del consumo diario por persona de los municipios abastecidos por él. El resto del consumo diario por persona es abastecido principalmente por el

Consorci d'Aigües de Tarragona, a través de un trasvase del río Ebro cuya toma se sitúa en el tramo bajo del río Ebro cerca de la población de Tortosa, y en menor medida por recursos subterráneos propios.

La superficie regable del embalse de Riudecanyes ha sufrido una reducción importante en su extensión entre la concesión otorgada por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en el año 2007 y la concesión otorgada al embalse de Riudecanyes por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA) en el año 2016. En la concesión otorgada por la Confederación Hidrográfica del Ebro a la toma del trasvase al embalse de Riudecanyes, vemos que la superficie regable de dicha concesión es para 3.802 hectáreas. Sin embargo, la superficie de regadío concedida realmente al embalse de Riudecanyes es mucho menor, como muestra la concesión de agua del embalse de Riudecanyes otorgada por la Agència Catalana de l'Aigua con una superficie para el riego de 1.500 hectáreas, reduciendo la superficie regable otorgada en su día por la CHE en 2.302 hectáreas, lo que supone una reducción del 60,55%.

3.2.3. Análisis de las nuevas demandas de los embalses

Los embalses de Riudecanyes y Siurana no presentan nuevas demandas de origen abastecimiento o regadío de las que ya tenían concedidas.

A raíz de la modificación del artículo 40 de la Ley de Aguas debido a la transposición de la Directiva 2000/60/CE, surge la obligación de asignar y reservar recursos en los embalses para la conservación o recuperación del medio natural, siendo considerada como una demanda a satisfacer en la gestión de los embalses. Para la estimación del volumen a reservar en el embalse de Siurana para dicho fin, resulta necesario conocer el caudal ecológico del río Siurana entre la salida del embalse Siurana y su desembocadura en el río Ebro.

En el siguiente apartado del presente estudio se realiza la estimación de dicho caudal.

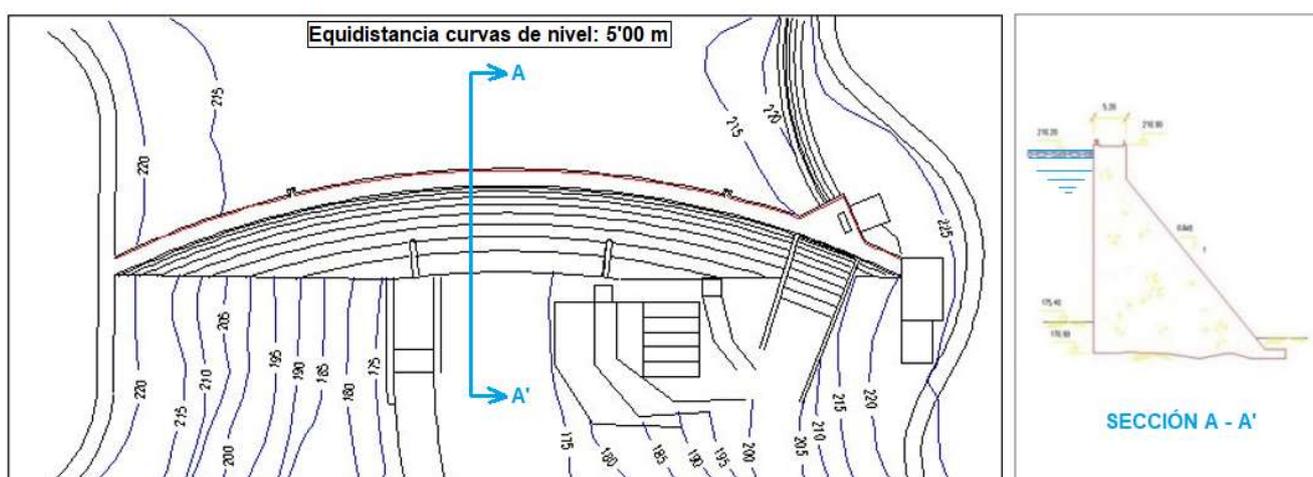


Fig. 18. Esquema en planta y sección transversal de la presa de gravedad de Riudecanyes. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).

Las características del recrecimiento de la presa efectuado en su día pueden verse en el siguiente cuadro (Albacar y Franquet, 2024):

- Tipo de presa antigua	Gravedad, planta curva
- Tipo de recrecimiento	Muro agua arriba
- Tipo de unión presa antigua y recrecimiento	Pasadores de \varnothing 20, de 1 m
- Cota coronación antigua	214,00 m
- Cota coronación recrecimiento de la presa	220,50 m
- Incremento de altura	6,50 m
- Longitud coronación del recrecimiento entre estribos	235,00 m
- Anchura coronación presa recrecida	5 m calzada y 2 aceras de 1 m
- Altitud máxima sobre cimientos de recrecimiento	51,00 m
- Galerías	1 perimetral y 2 horizontales
- Rebosadero	Vertido lateral y labio fijo
- Máxima capacidad de desagüe del rebosadero	250 m ³ /s
- Desagües de fondo	2 rectangulares de 1,20 × 0'80 m
- Capacidad de los desagües de fondo	2 × 20 m ³ /s
- Presas	Canal Nou
	Canal Principal
	Usuarios inferiores
- Volumen total de excavación en la cimentación del recrecimiento	14.216 m ³
- Volumen total de hormigón en el recrecimiento de la presa	42.351 m ³
- Volumen total de excavación del rebosadero	8.578 m ³
- Volumen total de hormigón en el rebosadero	4.407 m ³
- Longitud del camino de restitución de servidumbres en el margen derecho	2.061 m
- Anchura del camino	6 m de calzada y 2 aceras de 0,50 m

Las obras de la presa de Siurana (Fig. 19) se iniciaron en el año 1965 y tras algunos años paradas se terminaron en 1972. El tipo de presa es de gravedad construida con hormigón, con una altura desde cimientos de 62,740 m y una longitud de coronación de 274,4 m, siendo su cota de coronación 489,15 m.s.n.m. La cota de la cimentación se encuentra a la 426,4 m.s.n.m, situándose la cota del cauce a 436,57 m.s.n.m. El volumen del cuerpo de la presa es de 180.000 m³, disponiendo de un desagüe de fondo y un aliviadero de labio fijo regulado mediante compuertas diseñado para evacuar una avenida de 443,68 m³/s. El embalse tiene actualmente en la cota máxima de embalse una superficie de 69 ha y una capacidad de 12,41 hm³. La capacidad total del conjunto Siurana-Riudecanyes asciende, pues, a 17,73 hm³.

La obra del canal del trasvase se inicia en un azud de derivación situada en el lecho del río Siurana, a 3,12 km aguas abajo del embalse de Siurana. La longitud total del canal es de 9.728 m excavado en túnel por donde el agua discurre por gravedad, siendo su cota de inicio 400 m.s.n.m y su fin 210 m.s.n.m. El canal fue diseñado para poder transportar un caudal de 4 m³/s, curiosamente coincidente con la concesión del CAT establecida años después.

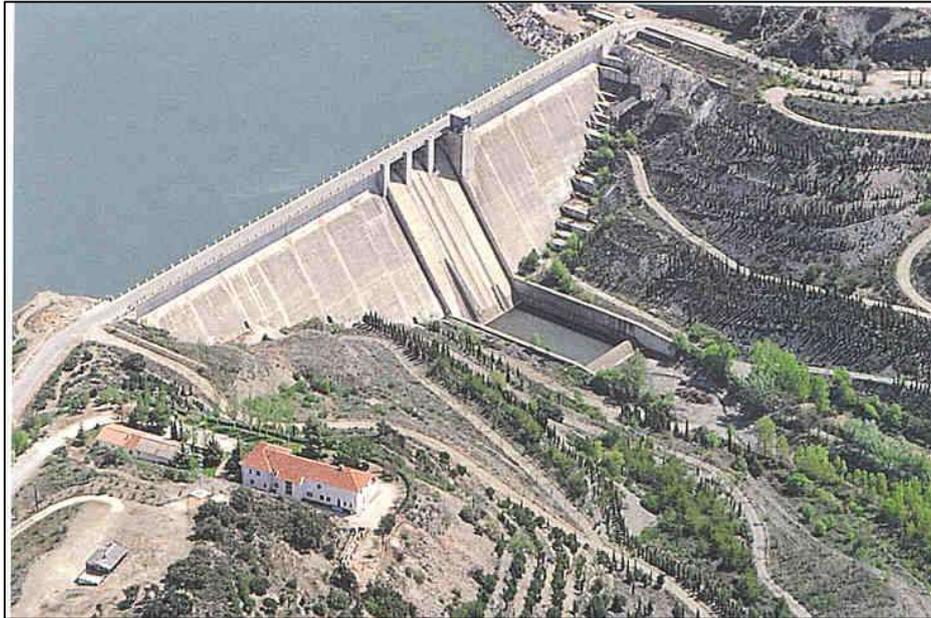


Fig. 19. Fotografía aérea del embalse de Siurana. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).

El actual episodio de sequía extrema ha imposibilitado la continuación de dicho suministro del recurso, con gravísimos efectos agrícolas y medioambientales en la zona regable receptora, que todavía pueden llegar a exacerbarse en el futuro ocasionando la desertificación de una extensa y provechosa área del Camp de Tarragona y Reus.

Una solución racional para compensar esta carencia o incumplimiento del suministro, amén de las ya expresadas en los epígrafes anteriores de este mismo Artículo, estibaría en aportar agua procedente de la cuenca legalmente cedente del Ebro (desde el Segre u otras alternativas) directamente al embalse de Siurana, ubicado en esa misma cuenca. Existe algún estudio o proyecto que contempla dicha solución, por lo que cabría proceder a su análisis y consideración inmediata.

4. BALANCE HIDRICO DEL EMBALSE DE RIUDECANYES

4.0. Introducción

La función principal del embalse de Riudecanyes es regular el caudal procedente de la riera de Riudecanyes, almacenando el agua de los períodos húmedos para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego y el abastecimiento urbano. Dicha regulación se ha estudiado para un determinado período de tiempo que, en nuestro caso, será de 1 año (año hidrológico) ya que la capacidad útil máxima del embalse de Riudecanyes, cifrada en 5.332.024 m³, solo podría satisfacer la demanda del embalse que asciende a 9.492.336 m³/año durante 0,56 años = 204 días (Albacar y Franquet, 2020).

El balance hídrico de un embalse consiste, simplemente, en la aplicación del principio de la conservación de la masa al propio embalse. Durante un

determinado período de tiempo en el que se realiza el balance, la diferencia entre el total de entradas y el total de las salidas deber ser igual a la variación en el almacenamiento, así:

$$\Delta = \text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO}$$

En nuestro caso utilizaremos dos escalas temporales de estudio, para realizar el susodicho balance:

- Escala anual (año hidrológico): nos permitirá determinar si las aportaciones hídricas de la propia cuenca del embalse son suficientes para satisfacer las demandas del embalse. En caso de que el balance sea negativo, nos indicaría una insuficiencia de recursos hídricos propios de la cuenca para satisfacer la demanda requerida, determinando así el volumen necesario a trasvasar desde Siurana. En el caso que el balance sea positivo, indicaría que los recursos hídricos de la cuenca del embalse son suficientes para satisfacer sus demandas, no siendo necesario, en consecuencia, llevar a cabo trasvase alguno.
- Escala mensual: nos permitirá comprobar si el volumen útil del embalse es suficiente para regular los caudales propios de la riera. En caso de insuficiencia de recursos propios para satisfacer la demanda (balance anual negativo) nos informará acerca de la distribución temporal del trasvase a realizar.

Estas dos escalas temporales se aplicarán a una serie de hipótesis de estudio en función del funcionamiento operativo del embalse y del comportamiento de su cuenca. Concretamente, consideraremos las siguientes hipótesis de estudio:

- Hipótesis 1. El embalse dará suministro de agua a todas sus demandas a partir de sus aportaciones propias de la cuenca para la lluvia promedio y coeficiente de escurrimiento promedio. Esta hipótesis se asocia a las condiciones habituales de aportación de la cuenca.
- Hipótesis 2. El embalse dará suministro a todas sus demandas a partir de sus aportaciones propias de la cuenca para la lluvia promedio y coeficiente de escurrimiento mínimo. Esta hipótesis se asocia a las condiciones habituales de lluvia, una vez superado un período de sequía.
- Hipótesis 3. El embalse dará suministro a todas sus demandas a partir de sus aportaciones propias de la cuenca para la lluvia promedio y coeficiente de escurrimiento máximo. Esta hipótesis se asocia a las condiciones habituales de lluvia de una cuenca, después de un período de abundante lluvia.
- Hipótesis 4. El embalse dará suministro a todas sus demandas a partir de sus aportaciones propias de la cuenca para la lluvia mínima registrada y coeficiente de escurrimiento mínimo. Esta hipótesis se asocia a las condiciones de sequía de la cuenca.
- Hipótesis 5. El embalse dará suministro a todas sus demandas a partir de sus aportaciones propias de la cuenca para la lluvia máxima

registrada y coeficiente de escorrentía máximo. Esta hipótesis se asocia a la máxima aportación posible de la cuenca. A pesar de disponer de la máxima aportación posible, puede ser que el embalse no pueda almacenar los excedentes, vertiéndolos por el aliviadero de la presa, no pudiéndolos utilizar en los períodos de máxima demanda.

4.1. Parámetros de la cuenca del embalse

La cuenca del embalse de Riudecanyes presenta una superficie de 28,42 km². La longitud del cauce principal es de 8,228 km, siendo la cota del cauce en la cabecera del curso la 589,21 m.s.n.m y la cota del cauce en el punto de desagüe de la presa la 176,64 m.s.n.m, presentando una pendiente media del 5,01%.

Para determinar y cuantificar las demandas anuales y mensuales del embalse de Riudecanyes hemos consultado la siguiente información:

- registro de aguas de la “Agència Catalana de l’Aigua”, concretamente la concesión con la inscripción de la Sección: D, Inscripción con el número: D-0035310, Expediente: 31553, cuyo titular es la “Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes”.
- balances hídricos del embalse de Riudecanyes elaborados por la “Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes” y publicados en su página web.

4.2. Determinación de las demandas anuales del embalse

Los usos del agua a los que se destina la concesión del embalse son: el regadío y el abastecimiento con un caudal utilizado de 291 l/s, siendo necesario un volumen anual de 9.176.976 m³.

Con respecto a la demanda de abastecimiento la concesión establece el siguiente reparto entre los municipios, cuyo caudal máximo no superará los 66 l/s.

Tabla 2. Volumen máximo anual y caudal máximo permitido para los diferentes municipios abastecidos por el embalse de Riudecanyes.

MUNICIPIOS	VOLUMEN MÁXIMO ANUAL (m ³)	CAUDAL MÁXIMO (l/s)
Vila-seca y Salou	65.700	2,08
Riudoms	182.500	5,78
Reus	375.000	57,97
TOTAL	623.200	65,83

Restando del volumen anual concedido el volumen máximo anual dedicado al abastecimiento, obtenemos que el volumen anual dedicado al riego es de 8.553.776 m³.

Dentro de la concesión encontramos en las observaciones que la presa de Riudecanyes evacuará durante todo el año un caudal de 10 l/s en el lecho

aguas debajo de la presa para alimentar la corriente subálvea y atender los riegos de usuarios inferiores. El volumen anual que se requiere para satisfacer el caudal especificado es de 315.360 m³.

Por tanto, las demandas anuales del embalse de Riudecanyes son: 623.200 m³ para abastecimiento, 8.553.776 m³ para regadío y 315.360 m³ para el caudal ambiental de la riera de Riudecanyes y usos aguas abajo del embalse, sumando una demanda anual total de 9.492.336 m³.

Así pues, la suma de todos los volúmenes anuales necesarios para satisfacer las demandas legalmente concedidas al embalse de Riudecanyes, es de:

$$623.200 + 8.553.776 + 315.360 = 9.492.336 \text{ m}^3.$$

4.3. Distribución temporal mensual de las demandas del embalse

Para poder ejecutar el balance mensual del embalse de Riudacanyes resulta preciso estimar cómo se distribuyen mensualmente las demandas anuales estimadas en el apartado anterior.

Por lo que se refiere al caudal ambiental de la riera de Riudecanyes y otros usos situados aguas abajo del embalse, la propia concesión del ACA establece que dicha aportación se realizará de forma continua (Albacar y Franquet, 2020).

Para determinar la distribución mensual promedio de la demanda correspondiente al regadío hemos utilizado los balances hídricos presentados por la Comunidad de Regantes, extrayendo de ellos los volúmenes mensuales y anual de demanda de riego para cada año del período 2001-2019, calculando el promedio mensual y anual de la demanda. También se ha calculado el porcentaje de la demanda anual que presenta la demanda mensual. Todos los cálculos, así como los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 3.

La distribución mensual de la demanda anual de riego del embalse de Riudecanyes se ha realizada aplicando los porcentajes obtenidos para cada mes a la demanda anual de riego obtenida en el apartado anterior, siendo la figura 20 su representación gráfica.

Tabla 3. Distribución mensual de la demanda de riego del embalse de Riudecanyes.

DEMANDA ANUAL RIEGO (m ³)		8.553.776 m ³
MESES AÑO HIDROLÓGICO	% APORTACIÓN ANUAL	DEMANDA MENSUAL RIEGO (m ³)
Octubre	1,15	98.662
Noviembre	0,39	33.115
Diciembre	0,22	18.394
Enero	0,22	18.698
Febrero	0,20	17.343
Marzo	0,30	25.401
Abril	0,53	45.653
Mayo	0,77	65.626
Junio	22,04	1.885.036
Julio	35,85	3.066.750
Agosto	32,79	2.804.940
Septiembre	5,54	474.158
TOTAL	100	8.553.776

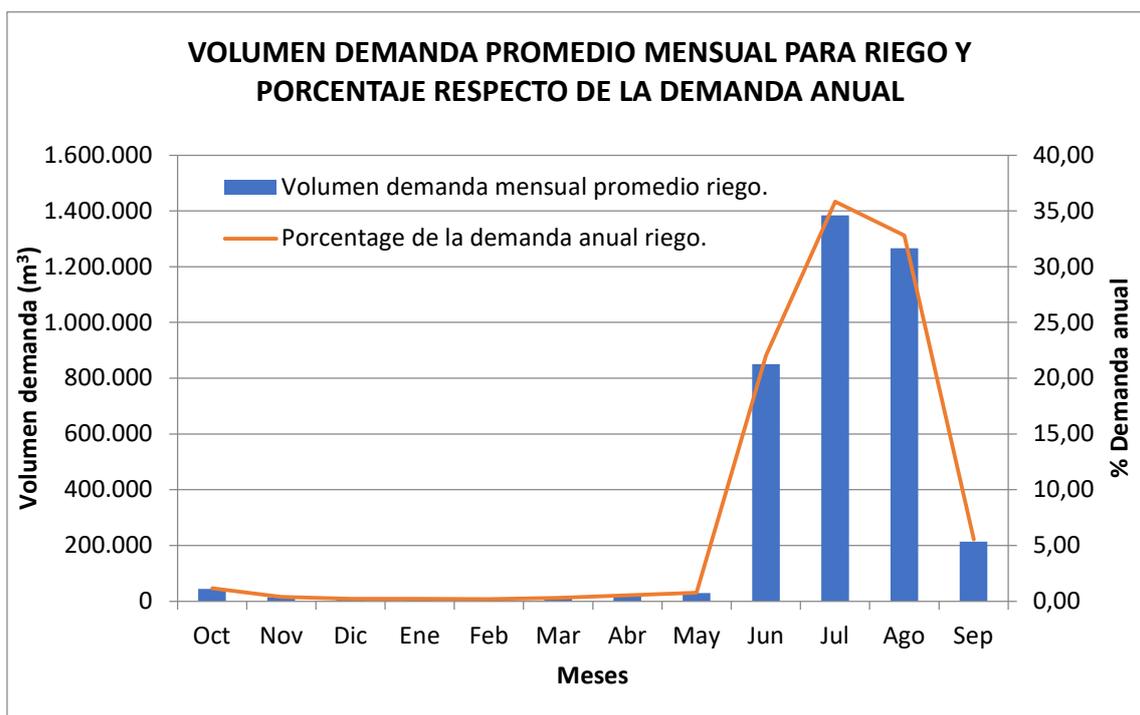


Fig. 20. Volumen de demanda mensual para riego respecto a la demanda anual.

Para determinar la distribución mensual promedio de la demanda correspondiente al abastecimiento hemos utilizado la misma fuente de datos y metodología que la utilizada para el regadío, pero utilizando los datos de abastecimiento. Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución mensual de la demanda de abastecimiento del embalse.

DEMANDA ANUAL ABASTECIMIENTO (m ³)		623.200 m ³
MESES AÑO HIDROLÓGICO	% APORTACIÓN ANUAL	DEMANDA MENSUAL ABASTECIMIENTO (m ³)
Octubre	11,04	68.796
Noviembre	7,18	44.728
Diciembre	6,35	39.574
Enero	6,63	41.330
Febrero	5,80	36.117
Marzo	6,04	37.642
Abril	4,72	29.386
Mayo	5,87	36.584
Junio	8,16	50.861
Julio	12,12	75.551
Agosto	13,81	86.084
Septiembre	12,28	76.547
TOTAL	100	623.200

4.4. Balance hídrico a escala anual del embalse

En la tabla 5 realizamos el balance para la escala temporal anual para las 5 hipótesis de estudio. Podemos ver como el balance es negativo en 4 de las 5 hipótesis indicando falta de recursos hídricos de la cuenca propia del embalse para satisfacer las demandas del embalse, siendo necesario un trasvase cuyo volumen anual variaría entre los 3.297.743 m³ y los 8.823.246 m³. En condiciones habituales/medias (hipótesis 1) el volumen anual del trasvase sería de 5.763.552 m³.

El balance anual de la hipótesis 5 es positivo, indicando que los recursos propios de la cuenca serían suficientes para satisfacer las demandas de la cuenca. La escala de estudio utilizada no tendría en cuenta la capacidad de regulación del embalse, pudiéndose producir el caso que el volumen útil del embalse de Riudecanyes sea insuficiente para poder regular las entradas y se produzca un vertido por el aliviadero de la presa no pudiéndose, pues, utilizar dicho volumen para satisfacer las demandas del embalse. Es necesaria, en este caso, la realización del balance mensual para determinar si en dicha hipótesis se pueden satisfacer las demandas del embalse.

Tabla 5. Cálculo del balance anual del embalse para las 5 hipótesis de estudio.

HIPÓTESIS DE ESTUDIO	VOLUMEN ANUAL (m ³)		
	ENTRADAS	SALIDAS	BALANCE: (ENTRADAS-SALIDAS)
1	3.728.784	9.492.336	-5.763.552
2	1.999.711	9.492.336	-7.492.625
3	6.194.593	9.492.336	-3.297.743
4	669.090	9.492.336	-8.823.246
5	11.428.965	9.492.336	1.936.629

4.5. Balance hídrico escala mensual del embalse con sólo las aportaciones propias de su cuenca

Obtenida en los puntos anteriores del presente apartado la distribución mensual de las entradas y salidas del embalse de Riudecanyes, nos encontramos en condiciones de realizar el balance hídrico escala mensual.

En el presente apartado sólo hemos considerado las aportaciones propias de la cuenca del embalse, para así poder determinar la necesidad de realizar trasvase desde la cuenca del Siurana. El balance anual del embalse realizada en el punto anterior ya indicaba la necesidad de realizar trasvase en las hipótesis 1, 2, 3 y 4. La hipótesis 5 era la única en que, posiblemente, no fuera necesario realizar trasvase alguno. No obstante, como ya indicamos en el punto anterior, hace falta comprobar que la capacidad del embalse de Riudecanyes resulta adecuada para regular las aportaciones y adaptarlas a las demandas, sin que se produzca pérdidas de agua a través del aliviadero de la presa.

A continuación, vamos a comentar, caso por caso, los resultados obtenidos (Albacar y Franquet, 2020).

En cuanto al balance mensual para la hipótesis 1, que corresponde a las condiciones habituales de aportación de la cuenca o condiciones medias, vemos como entre los meses de octubre a mayo el balance es positivo indicando que las demandas del embalse son abastecidas por los propios recursos de la cuenca, produciéndose almacenamiento de los sobrantes en el embalse. Al final del mes de mayo se han acumulado en el embalse un total de 2.523.888 m³. A partir del mes de junio el balance es negativo indicando que los recursos propios de la cuenca no son suficientes para satisfacer las demandas del embalse, siendo necesario acudir al volumen almacenado en el embalse para satisfacerlas. Con el volumen almacenado hasta el mes de mayo solamente podemos satisfacer las demandas del mes de junio y parte de las de julio, como se puede observar en el gráfico de variación del almacenamiento del embalse, ya que al final del mes de julio el embalse se encuentra vacío, no pudiéndose satisfacer las demandas del embalse entre los meses de julio a diciembre. Por tanto, vemos que en la hipótesis de estudio 1 el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer sus demandas, siendo necesario un trasvase de recursos desde la cuenca del Siurana.

En cuanto al balance mensual para la hipótesis 2, que se asocia a las condiciones habituales de lluvia una vez superado un período de sequía, vemos como en el mes de octubre el balance es negativo indicando que no se pueden satisfacer las demandas del embalse. A partir del mes de noviembre y hasta mayo el balance es positivo indicando que se puede satisfacer las demandas del embalse con los recursos de la propia cuenca, pudiendo almacenar los sobrantes en el embalse hasta un volumen al final del mes de mayo de 996.170 m³. A partir del mes de junio hasta septiembre el balance es negativo, indicando que las entradas al embalse no pueden satisfacer las demandas del embalse, siendo necesario el volumen almacenado para satisfacer las demandas. No obstante, el volumen almacenado solamente puede satisfacer parte de las demandas del mes de junio quedando el embalse vacío, no pudiendo cubrir las demandas del embalse desde junio hasta noviembre. Por tanto, vemos que en la hipótesis de estudio 2 el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer sus demandas, siendo necesario un trasvase de recursos desde la cuenca del Siurana.

En cuanto al balance mensual para la hipótesis 3, que se asocia a las condiciones habituales de lluvia de una cuenca después de un período de abundante lluvia, vemos como entre los meses de octubre a mayo el balance es positivo indicando que se puede satisfacer las demandas del embalse con los recursos de la propia cuenca, pudiendo almacenar los sobrantes en el embalse hasta un volumen al final del mes de mayo de 4.766.251 m³. A partir del mes de junio hasta septiembre el balance es negativo, indicando que las entradas al embalse no pueden satisfacer sus demandas, siendo necesario el volumen almacenado para satisfacer las demandas. No obstante, el volumen almacenado solamente puede satisfacer la totalidad de las demandas del mes de junio y parte de las demandas del mes de julio quedando el embalse vacío en dicho mes, no pudiendo cubrir las demandas del embalse desde julio hasta septiembre. Por tanto, vemos que en la hipótesis de estudio 3 el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer sus demandas, siendo necesario un trasvase de recursos desde la cuenca del Siurana.

En cuanto al balance mensual para la hipótesis 4, que se asocia a las condiciones de sequía de la cuenca, vemos como el balance mensual es negativo en casi todos los meses a excepción de los meses de abril y mayo donde es positivo, indicando que el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer las demandas del embalse con sus recursos propios. Solamente durante los meses de marzo y abril se podrán cubrir las demandas, pudiendo almacenar en el embalse los sobrantes con un volumen de 36.613 m³, pudiendo dicho almacenamiento satisfacer las demandas de los meses de abril y parte de las de junio. Por tanto, vemos que en la hipótesis de estudio 4 el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer sus demandas, siendo necesario efectuar un trasvase de recursos desde la cuenca del río Siurana (demarcación hidrográfica del Ebro).

En cuanto al balance mensual para la hipótesis 5, que se asocia a la máxima aportación posible de la cuenca, vemos como el balance mensual es positivo entre los meses de octubre a mayo, indicando que se puede satisfacer las demandas del embalse con los recursos de la propia cuenca, pudiendo

almacenar los sobrantes en el embalse hasta la capacidad máxima del embalse, concretamente 5.322.024 m³. Si analizamos la gestión del embalse vemos como el embalse alcanza su máxima capacidad en el mes de marzo, produciéndose vertido de recursos por el aliviadero de la presa entre los meses de marzo a mayo, perdiendo un volumen total de 4.204.271 m³. Entre los meses de junio y septiembre el balance es negativo indicando que no se pueden satisfacer las demandas del embalse, siendo necesario el volumen almacenado para satisfacer las demandas. El volumen almacenado podrá satisfacer las demandas de los meses de junio, julio y parte de las de agosto, no pudiéndose satisfacer completamente las demandas de los meses de agosto y septiembre al vaciarse el embalse por completo. La capacidad actual del embalse no permite regular adecuadamente las entradas al embalse, perdiéndose un volumen de agua por vertido por la aliviadera, que posteriormente hará falta. Por tanto, vemos que en la hipótesis de estudio 5 el embalse de Riudecanyes no puede satisfacer sus demandas, a pesar de que las entradas a escala anual son holgadas. Ello es debido al insuficiente volumen de almacenamiento del embalse de Riudecanyes.

5. CONCLUSIONES

1ª) En los meses de otoño-invierno 2023-2024 existe una gravísima situación de sequía que afecta alrededor de 4.000 ha de la zona regable del sistema Riudecanyes-Siurana, en las comarcas del Baix Camp y Tarragonès de la provincia de Tarragona, además del abastecimiento de agua de boca a diversos municipios de la zona (Reus, Riudoms, Vila-seca y Salou). También se asiste a unas disponibilidades hídricas nulas en los embalses del sistema Siurana-Riudecanyes como consecuencia de la prolongada falta de precipitaciones que se viene registrando en ambas cuencas.

2º) La falta antedicha de abastecimiento urbano y agrícola resultante ha conllevado grandes dificultades en ambos casos, y muy especialmente por lo que se refiere a la zona regable del pantano de Riudecanyes, cuyos campos de cultivo experimentan una gravísima sequía que imposibilita su explotación racional, lo que ha provocado el arranque de algunos cultivos leñosos y la imposibilidad de implantación de cualesquiera otros substitutivos o alternativos. Para solucionar la expresada problemática, se contemplan tres posibles alternativas: a) Agua procedente del Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT), b) Agua efluente de la EDAR de Reus y c) Agua derivada del embalse de Siurana al de Riudecanyes.

3º) En diciembre de 2009, el CAT elaboró un completo “Proyecto de conexión del sistema CAT con el embalse de Riudecanyes” con la finalidad de utilizar dicho pantano como garantía de reserva, en caso de averías en la captación de agua en el río Ebro que implicaran cortes del suministro prolongados en el tiempo. Dicho trabajo que constituía, por su elevado detalle, un auténtico proyecto constructivo, preveía la realización de las actuaciones precisas para suministrar agua al sistema de riego de la Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes.

4ª) Esta propuesta debería acordarse entre el propio Consorcio de Aguas de Tarragona y la Agencia Catalana del Agua y presentarla a la Confederación Hidrográfica del Ebro para promulgar la declaración de utilidad pública y de urgencia del proyecto descrito. La financiación debería correr a cargo del Estado, la Generalitat de Catalunya e incluso de la Diputación de Tarragona teniendo en cuenta su evidente repercusión plurimunicipal e intercomarcal.

5ª) Por lo que se refiere al empleo del agua efluente de la EDAR de Reus por parte de la Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero (BOE nº 45 de 21 de febrero de 2003) establece los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde el punto de captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

6ª) Tal y como especifica la normativa vigente, dicha captación puede proceder de cualquier origen siempre que no entrañe un riesgo para la salud de la población. Por tanto, con la normativa actual, resulta factible la utilización del agua depurada de la EDAR de Reus, con los tratamientos terciarios necesarios, para el uso de boca. La entidad pública o privada responsable de la construcción de la captación deberá instalar las medidas de protección adecuadas y señalizar de forma visible para su identificación como punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, según establezca la autoridad sanitaria, con el fin de evitar la contaminación y degradación de la calidad del agua.

7ª) Para poder garantizar una calidad de agua adecuada para la reutilización, desde un punto de vista sanitario y medioambiental, se debe llevar a cabo un programa de control analítico o Autocontrol. Para ello, debe llevarse a cabo una serie de mediciones de distintos parámetros, con las frecuencias establecidas para cada uno de ellos y en cada uno de los puntos de control. Como mínimo, se deben controlar los siguientes parámetros: Nematodos intestinales, *Escherichia coli*, *Legionella spp* (en riego por aspersión), otros posibles contaminantes como *Salmonella enterica*..., sólidos en suspensión y turbidez. A este respecto, en España, en diciembre de 2007 se promulgó el Real Decreto 1620/2007, que estableció los usos permitidos y los criterios de calidad, de frecuencia mínima de muestreo, de punto de referencia para los métodos analíticos y de conformidad. También especificaba los procedimientos relativos a las concesiones de reutilización de aguas para riego.

8ª) En el documento que, en su caso, se suscribiera entre la Comunidad de Regantes relacionada, el Ayuntamiento de Reus, la CHE y la ACA a los efectos de regular la explotación del expresado caudal de reutilización, deberían quedar claramente explicitados los puntos y sistemas de conexión o vertido a las acequias propiedad de dicha Comunidad, el importe de las obras civiles e instalaciones electromecánicas necesarias, el sistema de pago de las mismas, la calidad y el volumen del agua de riego aportada, su calendario anual de aportación, las analíticas periódicas efectuadas según la normativa de aplicación al caso, así como cuantas otras especificaciones técnicas y

administrativas resulten necesarias para la correcta construcción y posterior gestión del proceso.

9ª) Por último, con independencia de las alternativas a) y b) expuestas en la Conclusión 2ª), analizadas todas las hipótesis contempladas en el estudio realizado se concluye que el embalse de Riudecanyes, con el volumen útil de almacenamiento de que dispone en la actualidad, no puede cubrir por sí solo sus demandas para riego y abastecimiento humano, siendo necesario continuar con las aportaciones que recibe desde la cuenca del Siurana en base a la correspondiente concesión administrativa en vigor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FONDOS DOCUMENTALES

ALBACAR, M.A. Y FRANQUET, J.M. “Estudio sobre el suministro de agua de la Comunidad de Regantes del Pantano de Riudecanyes”. Reus (Tarragona), noviembre de 2020.

ALBACAR, M.A. Y FRANQUET, J.M. “Informe-análisis de las propuestas de la ACA a la Comunidad de Regantes del Pantano de Riudecanyes”. Reus (Tarragona), marzo de 2022.

ALBACAR, M.A. Y FRANQUET, J.M. “Problemática y situación de los riegos del embalse de Riudecanyes en el invierno 2023-2024”. Reus (Tarragona), enero de 2024.

COMUNIDADES EUROPEAS. Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Publicada en el DOCE nº: 327, de 22/12/2000.

CONSORCIO DE AGUAS DE TARRAGONA. “Proyecto de conexión del sistema CAT con el embalse de Riudecanyes”. Diciembre de 2009.

JEFATURA DEL ESTADO. Ley 18/1981, de 1 de julio, sobre actuaciones en materia de aguas en Tarragona. Publicada en el BOE nº: 165 de 11 de julio del mismo año.

JEFATURA DEL ESTADO. Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local. Publicada en el BOE nº: 80 de 3/04/1985.

JEFATURA DEL ESTADO. Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad. Publicada en el BOE nº: 102 de 29 de abril del mismo año.

LIBRO AZUL SQM, adaptado de “Quality of water for irrigation”. R.S. Aysers. Journal of irrigation and Drain Div., ASCE. Vol. 103, June 1977.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*, 2010.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Publicado en el BOE nº: 45 de 21 de febrero de 2003.

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, publicado en el BOE nº 294, de 8 de diciembre del mismo año.



RELACIÓN DE FIGURAS

- Fig. 1. Evolución anual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2014-2024).
- Fig. 2. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2013-2024).
- Fig. 3. Evolución diaria de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2013-2024).
- Fig. 4. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa (2014-2024). Detalle.
- Fig. 5. Evolución diaria de la conductividad del agua que pasa por Tortosa entre el 15 de abril y el 15 de septiembre de 2022.
- Fig. 6. Evolución mensual de la conductividad del agua que pasa por Tortosa entre el 15 de abril y el 15 de setiembre de 2022.
- Fig. 7. Carátula del proyecto técnico del CAT (Diciembre de 2009).
- Fig. 8. Planta General del proyecto del CAT.
- Fig. 9. Planta General aportación agua reutilizada EDAR de Reus a la zona regable del pantano de Riudecanyes.
- Fig. 10. Planta General aportación agua reutilizada EDAR de Reus. Alternativa seleccionada (I).
- Fig. 11. Planta General aportación agua reutilizada EDAR de Reus. Alternativa seleccionada (II).
- Fig. 12. Fotografía de la presa del embalse de Riudecanyes. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).
- Fig. 13. Plano en planta de la presa del embalse de Siurana. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).
- Fig. 14. Variables climáticas de la estación representativa del Baix Camp, concretamente Reus. Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat).
- Fig. 15. Variables climáticas de la estación representativa del Baix Camp, concretamente Cabacés. Fuente: Servei Meteorològic de Catalunya (Meteocat).
- Fig. 16. Serie temporal de los registros de la precipitación anual caída en el embalse de Riudecanyes. Fuente: Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes.
- Fig. 17. Serie temporal de los registros de la precipitación anual caída en el embalse de Siurana. Fuente: Comunitat de Regants del Pantà de Riudecanyes.
- Fig. 18. Esquema en planta y sección transversal de la presa de gravedad de Riudecanyes. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).
- Fig. 19. Fotografía aérea del embalse de Siurana. Fuente: Sociedad Española de Presas y Embalses (SEPREM).
- Fig. 20. Volumen de demanda mensual para riego respecto a la demanda anual.

RELACIÓN DE TABLAS

- Tabla 1. Resistencia a la salinidad de diferentes cultivos herbáceos y leñosos.
- Tabla 2. Volumen máximo anual y caudal máximo permitido para los diferentes municipios abastecidos por el embalse de Riudecanyes.
- Tabla 3. Distribución mensual de la demanda de riego del embalse de Riudecanyes.
- Tabla 4. Distribución mensual de la demanda de abastecimiento del embalse.
- Tabla 5. Cálculo del balance anual del embalse para las 5 hipótesis de estudio.