



ESTUDIO DE LA MEJORA DE LA CALIDAD FÍSICO-
QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL EFLUENTE DE LA FUTURA
EDAR DE ALCÀSSER MEDIANTE LA RESTAURACIÓN
AMBIENTAL DE LOS BARRANCOS DEL REALÓN Y
PICASSENT-BENIPARRELL EMPLEANDO SOLUCIONES
BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN)

NOVIEMBRE 2022

VALENCIA, 30 DE NOVIEMBRE DE 2022



El presente documento es el resultado de los trabajos realizados en el marco de la Resolución de la DGA-GVA “*Estudio de la mejora de la calidad físico-química y biológica del efluente de la futura EDAR de Alcàsser mediante la restauración ambiental de los Barrancos del Realón y Picassent-Beniparrell empleando Soluciones basadas en la Naturaleza (SbNs).*” firmado entre la GVA y la Universitat Politècnica de València y ha sido dirigido por el profesor Dr. Miguel Martín Monerris.

Han colaborado los profesores Dra. Elena Alemany, Dr. Enrique Asensi, Dr. Francisco Vallés y Dr. Vicent Benedito.

Fdo: Miguel Martín Monerris
Profesor Titular de Universidad.
Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente
Universitat Politècnica de València, España

Valencia, noviembre 2022.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1.- La restauración fluvial en las cuencas mediterráneas. | 5 |
| 1.2.- Los humedales artificiales en la restauración de la biodiversidad. | 5 |
| 2. OBJETIVO. | 8 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS. | 9 |
| 3.1. Zonas potencialmente afectadas por la actuación de gestión del efluente de la EDAR de Alcàsser. | 9 |
| 3.1.1.- Barranco del Realón. | 9 |
| 3.1.2.- Parcelas colindantes al Bco. Realón tras la EDAR de Alcàsser. | 11 |
| 3.1.3.- Barranco de Picassent/Beniparrell. | 12 |
| 3.1.4.- Parcelas de la margen derecha de la Séquia del Comú. P.N. l'Albufera de Valencia. | 13 |
| 3.2.- Caudal y calidad en el Bco. de Picassent. | 13 |
| 3.3.- Diseño de los sistemas de humedales artificiales. | 15 |
| 3.4.- Diseño de lagunas de infiltración. | 17 |
| 3.5.- Problemática del oxígeno disuelto. | 19 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN: EDAR DE ALCÀSSER Y GESTIÓN DEL AGUA RESIDUAL URBANA TRATADA. | 21 |
| 5. RESULTADOS EXPERIMENTALES. | 23 |
| 5.1.- Caudal-Calidad de las aguas en el Barranco de Picassent. | 23 |
| 5.2.- Tasas de infiltración. | 29 |
| 6. MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL BCO. DE PICASSENT | 30 |
| 6.1.- Datos de partida. | 31 |
| 6.2.- Construcción del modelo hidráulico. | 32 |
| 6.3.- Calibración del modelo. | 35 |
| 6.4.- Análisis de situación actual. | 36 |
| 7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS. | 39 |
| 7.1.- Recarga de acuíferos con aguas regeneradas y evapotranspiración. | 39 |
| 7.2.- Eliminación de nitrógeno y fósforo. | 41 |
| 7.2.1. Hasta el punto de entrega en el Bco. Picassent. | 41 |
| 7.2.2. Hasta la Séquia del Comú. | 42 |
| 7.2.3. Zona húmeda P.N. Albufera. | 42 |
| 7.2.4.- Cálculo del caudal óptimo. | 46 |
| 7.3.- Hipótesis de funcionamiento optimizado de la EDAR de Alcàsser. | 46 |
| 7.4.- Recuperación del oxígeno disuelto. | 48 |
| 7.5.- Mejora de la biodiversidad e hidromorfología de los cauces y zonas húmedas. | 49 |



| | |
|---|-----------|
| 7.6.- Derivación de caudal por la Acequia Real del Júcar. | 51 |
| 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 52 |
| ANEXO. DATOS CALIDAD DE AGUAS BARRANCOS. | 55 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- La restauración fluvial en las cuencas mediterráneas.

Los cauces de las cuencas mediterráneas se encuentran sometidos a numerosas presiones, derivadas de una larga trayectoria de obras e intervenciones que no han tenido en cuenta el medio. La restauración ambiental es uno de los grandes retos de nuestro tiempo, que requiere de un cambio de mentalidad en lo territorial y lo ambiental y de una gestión sostenible.

La restauración es un proceso recuperador de los procesos naturales, interacciones, estructura, funciones, dinámica y resiliencia del medio, en el que a lo largo de un proceso prolongado en el tiempo se eliminan los impactos que lo degradaban, hasta alcanzar un funcionamiento natural y autosostenible.

La restauración de un sistema fluvial debería incluir factores hidro-geomorfológicos tales como: el restablecimiento de un régimen de caudales (incluidos los de avenidas) lo más próximo posible al natural, el establecimiento de un espacio fluvial donde el río pueda desarrollar su dinámica natural y la eliminación de obstáculos a la conectividad longitudinal y transversal.

Las técnicas de restauración que pueden emplearse son muchas, tanto estructurales como no estructurales, entre las que se incluye la generación de un espacio de libertad fluvial y aumento de la sinuosidad, reintroducción de material vegetal y creación de bandas de vegetación riparia, mejora de los hábitats acuáticos y aumento y mejora de la conectividad longitudinal y del cauce con la llanura de inundación.

1.2- Los humedales artificiales en la restauración de la biodiversidad.

Los humedales artificiales, o humedales construidos, son infraestructuras de tratamiento de aguas residuales de uso muy extendido para aguas residuales urbanas (ARU) en pequeñas poblaciones y, en menor medida, para aguas contaminadas de otros orígenes (lixiviados de vertederos, purines, drenajes de minas...). Existe mucha experiencia en su uso y una muy importante variedad de sistemas basados en ellos. Una de las aplicaciones menos habituales, pero en rápida expansión, sobre todo en China, es su uso como tratamiento avanzado más allá del tratamiento terciario en EDAR convencional, casi como un tratamiento "cuaternario". Este tratamiento adicional se plantea no solo para mejorar aún más la calidad físico-química de las aguas regeneradas sino también como Solución basada en la Naturaleza para la mejora de la biodiversidad del entorno.

El uso de este tipo de soluciones e infraestructuras verdes es considerado en el ámbito de la UE como una de las principales herramientas para abordar las amenazas contra la biodiversidad representadas por la fragmentación y la pérdida de hábitats y por los cambios de uso del suelo. El interés que están suscitando estas aplicaciones no solo es debido a la mejora de la calidad del agua sino a todos los beneficios ambientales que aportan. El reconocimiento de los servicios ecosistémicos que proporcionan es un hecho (Vymazal, 2012), ya que se ha constatado que un correcto diseño, ejecución

y operación, facilita la reproducción de los mecanismos y procesos físicos, químicos y biológicos que operan en los humedales naturales y proporcionan servicios similares como la mejora de la calidad de las aguas, el incremento de la biodiversidad, la mejora paisajística y su posible empleo como lugares de ocio y educación ambiental.

Cuando se plantea la ubicación de un HA en una zona natural, incluida en la Red Natura 2000 o todavía no, mediante la transformación de un espacio, hay que tener en cuenta el uso que la fauna va a realizar de él. Es por ello que en su diseño y gestión deben contemplarse no solo los aspectos relacionados con la mejora de la calidad del agua sino con la protección de las especies objetivo (que serán diferentes de unas zonas a otras) y con la creación de hábitats deseables. Este triple objetivo implica un equilibrio entre la ingeniería del HA y la biología de las especies animales y vegetales que lo ocupan.

La vegetación helófito e hidrófito juega un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos: sirve de alimento y refugio a aves y peces, captura nutrientes y CO₂ atmosférico, facilita el desarrollo de microorganismos que contribuirán a la mejora de la calidad de las aguas, incrementan la población de macroinvertebrados acuáticos. Desde el punto de vista de su aplicación en HHAA, además de los ya mencionados, una alta cobertura de helófitas en HHAA superficiales tiene dos consecuencias muy interesantes desde el punto de vista de la calidad del agua: produce un efecto “tranquilizador” de las aguas evitando la resuspensión de sedimentos que puede producir el viento e impide el paso de la luz, que ya no puede ser aprovechada por el fitoplancton.

Sin duda, la vegetación que se desarrolle en el HA va a jugar un papel clave en la presencia de especies. Los HHAA deben diseñarse para que, al ir mejorando la calidad de las aguas de entrada conforme avanza por los distintos sectores llegue a las lagunas donde se trabaja con la vegetación sumergida con una calidad apta para su desarrollo. La importancia de vegetación sumergida se puede comprender a partir del conocimiento de sus funciones en los ecosistemas acuáticos:

- Para su crecimiento utilizan los nutrientes del agua, por lo que son depuradoras naturales.
- Suponen el lugar en el que los invertebrados acuáticos hacen sus puestas.
- Dan cobijo a pequeños peces autóctonos como el fartet, el samaruc, el gobio o la colmilleja mientras se alimentan de pequeños invertebrados y algas microscópicas, y sirven de refugio ante predadores.
- Son lugares de alimentación de aves acuáticas herbívoras como el pato colorado (sivert) y la focha común, así como de otras especies que se alimentan de peces, como los somormujos, zampullines y fumareles, sirviendo además para estas especies como lugar en el que construir el nido.
- Suponen el ambiente en el que se alimentan las polladas de muchas aves acuáticas, cuya dieta se compone principalmente de insectos acuáticos.

Afortunadamente, casos de éxito de este tipo de actuaciones ya se disponen en el ámbito del Parque Natural de l'Albufera de Valencia, como por ejemplo el “Filtro Verde” de Silla o los Tancat de la Pipa, de Milia y de L'Illa.



Imagen del humedal de tormentas ("Filtro Verde") del sistema de drenaje de la Bega (Silla).



Imagen del humedal artificial del Tancat de la Pipa.

2. OBJETIVO.

El objetivo del presente estudio es proponer soluciones para la gestión del agua residual urbana tratada por la futura EDAR de Alcàsser (aguas regeneradas) cuando no vaya a ser destinada para reutilización agrícola.

De las múltiples alternativas posibles, reutilización industrial, urbana, etc., este estudio se va a centrar en la reutilización ambiental. En concreto:

- Se va a evaluar la mejora ambiental que puede suponer el aporte de agua regenerada a la situación actual del Bco. de Picassent.
- Se va a analizar el papel que puede jugar la adecuación ambiental de los barrancos del Realón y Picassent en la reducción de nitrógeno y fósforo del agua regenerada y en su incremento de la concentración de oxígeno disuelto.
- Id. considerando que el efluente de la EDAR tiene las características de dos EDAR en funcionamiento: la de Albufera-Sur y Sueca, parte de cuyas aguas son conducidas a los Tancats de Milia y l'Illa.
- Se van a estudiar soluciones naturales que modifiquen el balance hídrico como la infiltración y la evapotranspiración.
- Se van a plantear la creación de grandes zonas húmedas para mejorar la calidad de las aguas y la biodiversidad antes de que el agua regenerada llegue al lago de l'Albufera.
- Se va a estudiar el comportamiento hidrológico de los barrancos con el caudal previsto y en situación de avenida.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

En este apartado se van a introducir y describir los elementos y fuentes de información que se van a emplear para el desarrollo de la propuesta de gestión del efluente de la futura EDAR de Alcàsser. En concreto, se van a describir los espacios geográficos sobre los que se propone actuar, se describen las fuentes de información actuales sobre caudal y calidad del agua en los barrancos, las campañas de muestreo que se pretenden hacer para completar la información y las herramientas y referencias de diseño de humedales artificiales y humedales de infiltración.

3.1. Zonas potencialmente afectadas por la actuación de gestión del efluente de la EDAR de Alcàsser.

Las zonas potencialmente afectadas por la propuesta de actuación son las siguientes:

- Barranco del Realón desde el apeadero del Realón hasta el entronque con el Barranco de Picassent.
- Barranco de Picassent/Beniparrell desde el entronque con el Bco. del Realón hasta el inicio de la Séquia del Comú.
- Parcelas colindantes al Bco. del Realón por la margen derecha desde la parcela para la EDAR propuesta hasta antes del cruce con la Acequia Real del Júcar.
- Parcelas colindantes al Bco. Beniparrell y Sèquia del Comú por la margen derecha en el P.N. de l'Albufera de Valencia / Parcelas de arrozal del tramo final de la Séquia del Comú en su desembocadura con l'Albufera.

3.1.1.- Barranco del Realón.

El Barranco del Realón desde el apeadero del Realón hasta el entronque con el Bco. de Picassent tiene una longitud aproximada de 2981,5 m. Iniciando desde el apeadero, hay unos 1150 m. de cauce bastante bien definido, con una anchura media de 15 m., más ancho al principio y más estrecho al final y una superficie total de 17473 m², pero que se desdibuja en algunos tramos hasta llegar al camino Alcàsser-Torrent. A partir de este camino, el barranco desaparece en la parcela agrícola que va a ser destinada para la futura EDAR y reaparece después del cruce del camino de Albal/Santa Ana. Este tramo desaparecido sería de unos 515 m.

A partir del cruce hay unos 482 m. de cauce bien definido con una anchura media de 8,7 m. y una superficie de 4206 m². Vuelve a desaparecer en unos 235 m. hasta llegar al cruce con la ARJ. A partir de aquí reaparece con el nombre de Bco. de Vidal hasta que entronca con el Bco. de Picassent (Figura 1). La longitud total de este último tramo es de unos 600 m y su anchura media de unos 9 m.

En resumen, la longitud total de este tramo del Bco. del Realón es de 2981,5 m. y su anchura media es de 11,2 m. Superficie 33412 m². La cota inicial es de 39,47 m y la final de 12,86 m., lo que da como

resultado una pendiente media es del 0,89% (Figura 2).

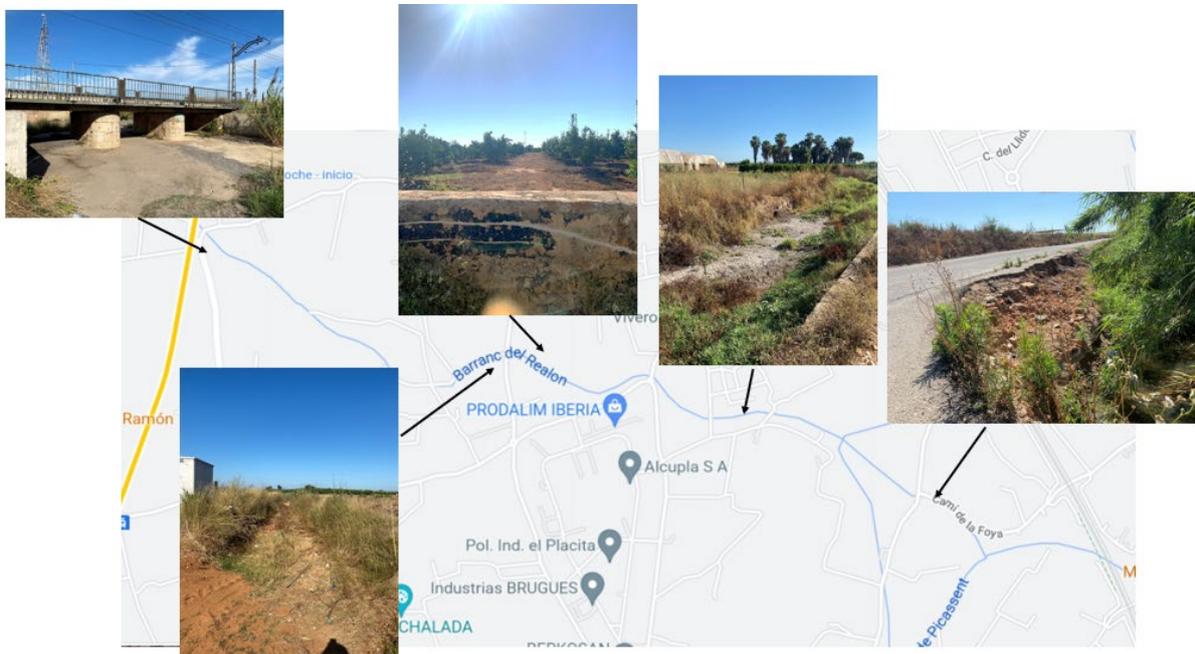


Figura 1. Cauce del bco. del Realón en distintos puntos de su recorrido hasta la confluencia con el bco. de Picassent.

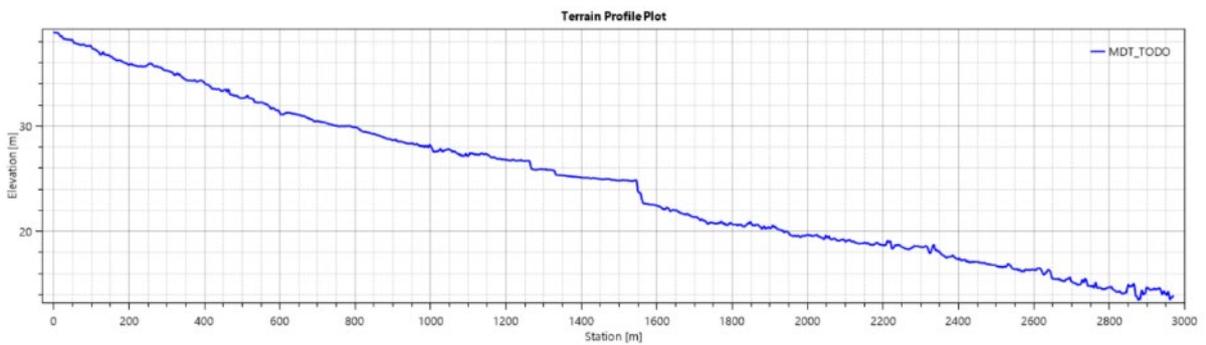


Figura 2. Perfil longitudinal del bco. del Realón desde el cruce con el puente de la L1 de Metrovalencia hasta la confluencia con el bco. de Picassent.



Figura 3. Afloramientos rocosos en diferentes puntos del cauce del bco. del Realón.

En las imágenes anteriores se puede observar que el lecho es bastante rocoso, por lo que es de esperar una baja infiltración.

3.1.2.- Parcelas colindantes al Bco. Realón tras la EDAR de Alcàsser.

Se trata de un conjunto de parcelas agrícolas situadas aguas abajo de la EDAR tras el cruce con el camino de Albal/Santa Ana. La **Zona 1** se sitúa entre el Bco. del Realón y la Travesía Pinet. Son seis parcelas catastrales (359, 24, 288, 348, 25) que suman una superficie de 19625 m². La **Zona 2** son cuatro parcelas catastrales (343, 262, 18, 290) que suman una superficie de 12090 m². En total, 31715 m².

3.1.3.- Barranco de Picassent/Beniparrell.

El Barranco de Picassent/Beniparrell desde su conexión con el Bco. del Realón hasta su finalización en la Sèquia del Comú tiene una longitud total de unos 3366 m. y una anchura media de unos 20,6 m (Figura 4). Se observa un cauce de aguas bajas de un ancho medio de entre 2 y 3 m. y una capacidad ligeramente superior a 0,6 m³/s. Su superficie aproximada es de 69263 m². La cota inicial en la confluencia con el Bco. del Realón es de 12,86 m. mientras que bajo la V31 es de 1,32 m., lo que hace una pendiente media de 0,34%; más tendida una vez atraviesa el casco urbano de Beniparrell, en su último tramo hasta el inicio de la Séquia del Comú (Figura 5).



Figura 4. Cauce del bco. de Beniparrell en distintos puntos de su recorrido desde la confluencia con el bco. del Realón hasta la Séquia del Comú.

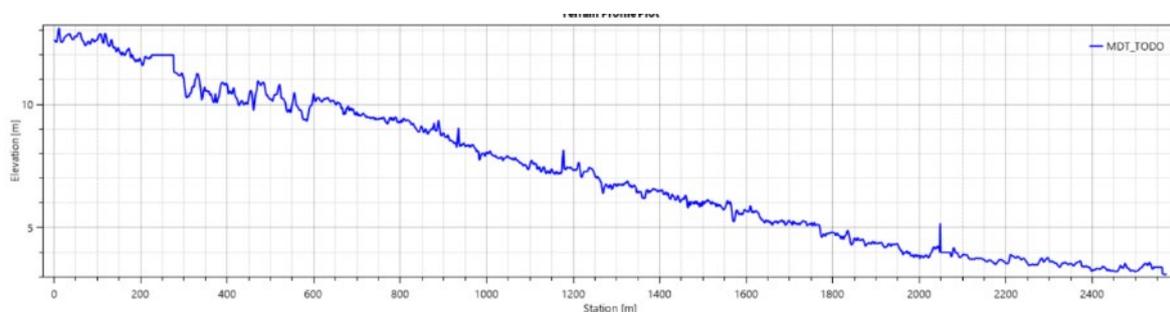


Figura 5. Perfil longitudinal del bco. del Picassent desde la confluencia con el bco. del Realón hasta el paso bajo la V-31.

Hay que hacer notar que el cauce del barranco de Picassent está incluido como hábitat de interés comunitario y hábitat Corine de aguas dulces continentales en la cartografía de Biodiversidad de la GVA. Por otro lado, la renaturalización del barranco de Picassent es una propuesta incluida en el Estudio Ambiental y Territorial Estratégico del Plan General Estructural de Beniparrell (2019).

3.1.4.- Parcelas de la margen derecha de la Séquia del Comú. P.N. l'Albufera de Valencia.

Una opción será ubicar los humedales de renaturalización al final del Bco. de Picassent y justo en el inicio de la Séquia del Comú. Se trata de zonas de cultivos y arrozales situados en la margen derecha de la Séquia del Comú, en dirección hacia el Sequiol de la Providència, de la Font de Santa Anna y de la Font d'Alapont, hacia el sur hasta el Sequiol del Caminàs. La función de este espacio sería la de actuar como delta de inundación y distribución del agua de la EDAR entre varias acequias y de barrera ambiental entre la V31 y zonas urbanizadas y el P.N. de l'Albufera.

Otra opción es situar esta zona de renaturalización en las orillas del lago, en los arrozales de la zona final de la Séquia del Comú.

En ambos casos las propuestas de ubicación y superficies son orientativas y no implican una decisión final. Se proponen unas 50 ha de recreación de un humedal renaturalizado de aspecto similar al *Tancat de la Pipa*.

3.2.- Caudal y calidad en el Bco. de Picassent.

En el barranco del Realón, en su tramo final, se observa que recibe retornos de riego. En esta zona no se ha instalado todavía de forma masiva riego localizado, por lo que se producen estos sobrantes, que en algunas zonas del barranco próximas a la confluencia con el Bco. de Picassent generan algunas pozas temporales, como se puede ver en la siguiente figura:



Pozas temporales en el Bco. del Realón generadas por retornos de riego.

Para el Bco. de Picassent se dispone de información de la calidad de las aguas en el punto el Bco. de Beniparrell recogida por la Conferederación Hidrográfica del Júcar:

- Sustancias prioritarias (pesticidas/metales/orgánicos), **JUI614**: desde marzo de 2020 con frecuencia mensual.
- Control Biológico, **JUI613**: desde mayo de 2019 con frecuencia anual.
- Físico-químico, **JUI630**: desde mayo 2020 con frecuencia trimestral.

Adicionalmente, en el marco de este proyecto se ha realizado una campaña de muestreo en tres puntos:

Tabla 1. Descripción y localización de los puntos de muestreo.

| Punto | Descripción | Coordenadas |
|-------|---|--|
| 1 | Cruce/vado del camino de Alcàsser a Beniparrell con el Bco. de Picassent. | 39° 22' 59,13" N 0° 25' 36,89" O |
| 2 | Beniparrell casco urbano. Paso peatonal que cruza el Bco. Beniparrell. | 39° 22' 58,15" N 0° 24' 48,64" O |
| 3 | Bajo los puentes de la V31. Punto muy cercano a los de la CHJ. | 39° 22' 56,49" N 0° 23' 57,65" O 723993,08 4362436,11 |



Figura 6. Puntos de seguimiento de caudal y calidad del Bco. de Picassent.

En donde se han medido las principales variables físico químicas: Demanda Química de Oxígeno, Nitrógeno (total, amoniacal, nitratos y nitritos), Fósforo (total y fosfatos), turbidez, sólidos en suspensión totales y volátiles, oxígeno disuelto, temperatura y pH. Los análisis se han efectuado en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria del IIAMA en la UPV.

En el primer muestreo el 8 de junio de 2022 no circulaba agua por el punto 1, mientras que ya se observaba cierto caudal en los puntos 2 y más aún en el 3. A partir de mediados de junio, la CHJ inició un desembalse técnico/ambiental desde el embalse de Tous hacia el lago de l'Albufera a través del canal Júcar-Turia y el Bco. de Picassent de unos 400 l/s, por lo que en los tres puntos se pudo tomar

agua. En la tabla siguiente se muestran en casillas sombreadas en qué fechas había agua en los puntos muestreados.

Tabla 2. Presencia de agua en puntos de muestreo.

| Fecha | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
|------------|---------|---------|---------|
| 08/06/2022 | | | |
| 05/07/2022 | | | |
| 13/07/2022 | | | |
| 06/09/2022 | | | |
| 13/10/2022 | | | |

En el análisis de los resultados obtenidos se identificará como “situación normal” aquella en la que no se producen los aportes desde Tous y “situación extraordinaria” aquella en la que producen los aportes.

3.3.- Diseño de los sistemas de humedales artificiales.

Para el diseño de las superficies necesarias de zonas húmedas se parte de la información obtenida en diversos estudios realizados desde el IIAMA.

Por un lado, en los humedales artificiales de l'Albufera (Tancats de la Pipa, Milia y l'Illa) a partir del proyecto LIFE12 ALBUFERA. En este proyecto se obtuvieron una serie de modelos empíricos que permiten calcular la eliminación de nitrógeno y fósforo en estos sistemas. La velocidad de eliminación ($\text{mg eliminados}/\text{m}^2 \text{ día}$):

$$\text{Velocidad de eliminación} \left(\frac{\text{mg N}}{\text{m}^2 \text{ d}} \right) = 50,9 [NT]_{inf} + 1287,1 \text{ CHS} - 82,3$$

$$\text{Velocidad de eliminación} \left(\frac{\text{mg P}}{\text{m}^2 \text{ d}} \right) = 34,1 [PT]_{inf} - 2,6$$

Las velocidades de eliminación dependen de las concentraciones de entrada y de la CHS (Carga Hidráulica Superficial, $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$), que representa el caudal que circula por unidad de superficie.

Con estas expresiones se puede calcular la superficie necesaria para obtener una determinada tasa de eliminación diaria, o bien, con una superficie determinada, cuál sería la eliminación y de ahí la concentración de salida.

Un conjunto de expresiones similar se obtuvo en el sector FG del humedal del Tancat de la Pipa (Oliver, 2017)

$$\text{Velocidad de eliminación} \left(\frac{\text{g N}}{\text{m}^2 \text{ año}} \right) = 21,82 [NT]_{inf} + 1,63 \text{ CHS} - 75,45$$

$$\text{Velocidad de eliminación} \left(\frac{g P}{m^2 \text{ año}} \right) = 35,105 [PT]_{inf} - 14,369 + 0,272 CHS$$

Estos conjuntos de ecuaciones son válidos con cargas hidráulicas de hasta 0,192 m³/m² d, ya que al tratarse de modelos multivariantes empíricos, solos son aplicables en el rango de CHS y concentraciones para los que fueron determinados. Para las CHS, entre 0,011 y 0,192 m³/m² d; para las concentraciones de NT, entre 0,5 y 11,5 mg N/l y para concentraciones de PT entre 0,103 y 1,13 mg P/l.

Cuando no se pueden aplicar modelos multivariantes, se puede emplear otra metodología de cálculo basada en modelos de reactores bioquímicos mediante la que se obtiene la siguiente expresión para el cálculo de la superficie necesaria:

$$S = \frac{Q}{k_A} \ln \left(\frac{C_{inf} - C^*}{C_{ef} - C^*} \right)$$

Donde k_A es la constante cinética de primer orden de disminución del contaminante en el humedal (m/d); Q es el caudal a tratar (m³/d); C_{inf} es la concentración de entrada; C_{ef} es la concentración deseada en el efluente del humedal y C^* es la concentración de fondo o concentración mínima por debajo de la cual no se puede reducir la concentración de contaminante. Esta ecuación es la resultante de aplicar un modelo cinético de primer orden a un reactor de flujo pistón para simular la degradación de los contaminantes (García y Corzo, 2008; Comín, 2014).

Los valores de k_A que se pueden emplear están en el siguiente rango:

Tabla 3. Rango de valores a emplear para la constante cinética k_A .

| Variable | k_A (m/d) |
|-----------------|---------------|
| Nitrógeno total | 0,013 – 0,123 |
| Fósforo total | 0,041 – 0,103 |

| Variable | Concentración de fondo (C^*) | k_A (m/d) | Referencia |
|-----------------|----------------------------------|---------------|--------------------|
| Nitrógeno total | 1,5 | 0,060 ± 0,016 | Dunne et al. 2013 |
| | 0,3 – 0,7 | 0,184 | Martin et al. 2013 |
| Fósforo total | 0,030 – 0,044 | 0,074 ± 0,038 | Dunne et al. 2015 |
| | 0,044 – 0,076 | 0,278 | Martin et al. 2013 |

La ecuación siguiente permite calcular la concentración a la salida de la zona húmeda:

$$\left(\frac{C_{inf} - C^*}{\exp\left(S \frac{k_A}{Q}\right)} \right) + C^* = C_{ef}$$

3.4.- Diseño de lagunas de infiltración.

La infiltración de aguas regeneradas para recarga de acuíferos (Managed Aquifer Recharge, MAR) es un uso permitido por la normativa española y muy interesante dentro de un esquema de aprovechamiento conjunto de aguas superficiales y subterráneas. La infiltración se puede realizar mediante pozos de inyección directa o mediante lagunas, zanjas, balsas, etc. En este caso se va a optar por el segundo sistema al poder ser integrado en el esquema de renaturalización que se pretende dar al agua regenerada.

Existen algunos ejemplos de empleo de humedales artificiales o balsas de infiltración para la recarga de acuíferos, que se recogen a continuación.

El proyecto LIFE+ ENSAT “Enhancement of Soil Aquifer Treatment to Improve the Quality of Recharge Water in the Llobregat River Delta Aquifer” se desarrolló entre 2010 y 2012, (https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3429). En las balsas de infiltración de Sant Viçens dels Horts se tuvo una tasa de infiltración inicial de 1,03 m³/m² d que fue bajando hasta llegar en 2014 a los 0,43 m³/m² d, momento en el que se decidió acometer su regeneración (ACA, 2016). Durante los años 2010-12 la recarga media diaria fue de 6256,38 m³.

Otro proyecto de referencia, aunque aún en sus primeras etapas de ejecución es el LIFE20 MATRIX (2021-2024) “Safe water reuse in Managed Aquifer Recharge: innovative solution combining physical, digital and governance aspects”. En este proyecto se pretende llegar a una recarga anual entre 335000 y 385000 m³ mediante un humedal artificial que recibe los efluentes de una EDAR.

Otro ejemplo de alcance mundial es el Central Pasco Beneficial Water Reuse Project (4G Wetlands) en Florida, EEUU (Figura 7). Esta actuación cubre una superficie de 71,2 ha, de las cuales 52,8 son láminas de agua que permiten la recarga de 18900 m³/d de aguas regeneradas. La tasa de infiltración es de 0,036 m³/m² d.



Figura 7. Vista aérea del 4GWetlands en Tampa, Florida (EEUU).

En funcionamiento también está el Okala Wetland Recharge Park (<https://www.ocalaf1.org/government/city-departments-i-z/water-resources/ocala-wetland-recharge-park>). Este humedal recibe 11350 m³/d de agua regenerada.

En fase de construcción, también en Florida, se encuentra el humedal artificial de Gainesville (http://www.gru.com/Portals/0/Test/Groundwater%20Wetland%20Fact%20Sheet_Final.pdf). Construido sobre un terreno de textura arenosa, está previsto que llegue a infiltrar 18900 m³/d con una superficie de entre 8,1 a 18,2 ha. Esto supone una tasa de infiltración estimada entre 0,23 y 1,05 m³/m² d.

La zona de estudio corresponde a la masa de agua subterránea 080.141 Plana de Valencia Norte. Su litología está constituida por cantos, gravas y limos de permeabilidad alta según el análisis de Permeabilidad del suelo del Plan de Acción Territorial del Paisaje de la Comunitat Valenciana.

Por otro lado, los términos municipales de Alcàsser, Picassent y Beniparrell vienen calificados como zonas vulnerables a la contaminación de las aguas por nitratos procedentes de las fuentes agrarias en el Decreto 13/2000, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano.

Con el fin de disponer de información más aproximada sobre la capacidad de infiltración del terreno, se realizaron una serie de ensayos de infiltración con un equipo de medición estandarizado. Dicho equipo consta de una columna de metacrilato de 0,6 m. de diámetro interno que se apoya en una base metálica sobre el suelo (Figura 8). La columna se llena de agua y se mide el tiempo que tarda en vaciarse, saturando previamente el terreno. El experimento se repite hasta que se alcanza una velocidad de vaciado estacionaria.



Figura 8. Medición de la permeabilidad en el Bco. de Picassent.

Los ensayos se realizaron el día 29 de septiembre de 2022 en un punto del Bco. del Realón y en otro del Bco. de Beniparrell. Estos ensayos preliminares sirven para dar una idea de orden de magnitud sobre los valores de permeabilidad, pero no sustituyen a los ensayos que habrá que hacer en las parcelas concretas una vez seleccionadas.

3.5.- Problemática del oxígeno disuelto.

Es sabido que la concentración de oxígeno disuelto a la salida de las EDAR es habitualmente muy baja, inferior a 2 mg/l y más bien próxima a cero, debido al consumo que se produce en el proceso biológico. Las concentraciones estándar (concentración de saturación) en aguas continentales a las temperaturas habituales en Valencia están entre 8 y 10 mg/l.

Recuperar los valores de oxígeno disuelto mediante mecanismos naturales sería otro de los objetivos del sistema de los sistemas de renaturalización propuestos en este estudio. Los mecanismos por los cuales se produce ganancia de oxígeno son:

- Intercambio natural con la atmósfera. Dado que el agua tiene una concentración inferior a la estándar, se produce una transferencia natural desde la atmósfera hacia el agua.
- Fotosíntesis por algas, bien en suspensión, bien sumergidas. La presencia de algas es necesaria como elemento fundamental de las redes tróficas aunque hay que evitar su exceso (eutrofización).
- Aportes de plantas helófitas. Las helófitas, como el carrizo, la enea, etc. han desarrollado mecanismos de transferencia de oxígeno desde los tallos hacia la zona radicular, propiciando la oxigenación de los sedimentos y capas más profundas de agua.

Con el fin de realizar una estimación de la recuperación de oxígeno disuelto en su recorrido a través



de los barrancos, se ha procedido al cálculo de dicha recuperación empleando los modelos clásicos de reaeración de Streeter-Phelps. Estos modelos permiten estimar la concentración de oxígeno disuelto en un río a partir de un coeficiente de reaeración, que depende fundamentalmente del calado y la velocidad del agua, y de los consumos principales de oxígeno (degradación de materia orgánica y nitrificación). No se consideran, de momento, otras fuentes ni sumideros de oxígeno como podrían ser los aportes por fotosíntesis ni la demanda de oxígeno de los sedimentos.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN: EDAR DE ALCÀSSER Y GESTIÓN DEL AGUA RESIDUAL URBANA TRATADA.

Según la información básica de que se dispone, la futura EDAR de Alcàsser llegará a tratar 60000 m³/d de agua residual urbana procedente de los municipios del sur del área metropolitana de Valencia. Estos municipios evacúan actualmente sus ARU al Colector Oeste.

Los límites de vertido de nitrógeno y fósforo previstos son 10 mg N/l, que en su gran mayoría estarán en forma de nitratos y de 0,3 mg P/l, que estarán fundamentalmente en forma de fosfatos. Está previsto que durante la primavera y el verano el agua regenerada sea empleada para regadío. Para el resto del año es necesario plantear escenarios de gestión alternativos.

El escenario que se plantea en este estudio establece como base que el agua regenerada pueda alcanzar el P.N. de l'Albufera de Valencia y de ahí al lago.

No cabe la menor duda de que el vertido del agua tratada en la EDAR de Alcàsser incrementará los aportes de nutrientes al P.N de l'Albufera de Valencia. En el caso más desfavorable en el que no se llegara a reutilizar para regadíos, los 60000 m³/d previstos aportarían 18 kg P/d (a 0,3 mg P/l de salida, fundamentalmente en forma de fosfatos) y 600 kg N/día (a 10 mg N/l, fundamentalmente en forma de nitratos). En cómputo anual supone una aportación de 21,9 Hm³/año, 6570 kg P/año y 219000 kg N/año.

Varias consideraciones caben hacer a continuación.

En primer lugar, en el recorrido del agua a través del Bco. del Realón y de Picassent se producirán pérdidas de agua por evapotranspiración e infiltración. Las pérdidas por evapotranspiración dependerán de la superficie vegetada que pueda aprovechar el agua circulante. Las pérdidas por infiltración dependerán de la permeabilidad del terreno en los barrancos. La optimización tanto de la evapotranspiración como de la infiltración al terreno serán dos aspectos a considerar en el estudio.

En segundo lugar, se producirán cambios en la calidad de las aguas en ese recorrido. Estos cambios dependerán de:

- El tiempo que tarda el agua en recorrer los 6347,5 m de longitud de los barrancos, ya que es el tiempo que se dispone para que se puedan producir transformaciones de tipo físico, químico y biológico.
- La velocidad del agua, que podrá favorecer o no los procesos físicos, como la sedimentación de partículas.
- La presencia de plantas acuáticas y vegetación de ribera que puedan capturar los nutrientes contenidos en las aguas o los transferidos al suelo/sedimentos.
- Las escorrentías superficiales producidas por lluvias en las zonas urbanizadas.
- Las concentraciones de sustancias disueltas aportadas por las escorrentías subterráneas.
- Otros factores ambientales como la temperatura

La masa total diaria, caudal por concentración, que de fósforo y nitrógeno llegue al lago será el

resultado de esos procesos. Las actuaciones que se proponen en este estudio tienen como finalidad reducir dichas aportaciones y mejorar biológicamente el efluente de la EDAR, de manera que el caudal aportado contribuya a la mejora de la calidad del agua del lago. En ese sentido, la premisa básica de partida es que el aporte será positivo siempre que la concentración de la sustancia a evaluar (sea fósforo, nitrógeno, o cualquier otra) sea inferior a la que exista en el lago.

Existe otra consideración de importancia, pero que escapa al objetivo de este trabajo. Se trata de en qué medida cambian los caudales y calidades del agua en su tránsito a través de las acequias de riego del P.N. de l'Albufera: en este caso la *Séquia del Comú*, que es prolongación natural del Bco. de Beniparrell. Esto es, qué caudal del aportado por la futura EDAR de Alcàsser llegará a la orilla del lago y en qué condiciones. La respuesta es compleja y difícil de prever. Por ejemplo, en periodos de sequía (no extrema) el riego del arrozal está asegurado y no tiene por qué recurrirse al agua regenerada; pero el caudal para la inundación invernal, la *perelloná*, no lo está. En esa situación es posible que se decida emplear el agua regenerada para esta inundación invernal, reduciendo el caudal que llegaría al lago en los meses de noviembre y diciembre.

Además, hay que hacer constar la presencia de la Acequia Real del Júcar (ARJ), ya en sus últimos tramos antes de Albal, que cruza el Bco. del Realón. La existencia de esta infraestructura tradicional puede ser considerada a la hora de dirigir el agua regenerada hacia el P.N. por otras vías diferentes a las del Bco. de Picassent.

Dadas las limitaciones ambientales de los efluentes de EDAR que pueden alcanzar el P.N. de l'Albufera de València y los propios requerimientos de calidad de aguas en el Bco. de Beniparrell. Las soluciones que se van a aportar se centran en dos líneas de trabajo:

- LINEA 1.- Evitar la aportación de aguas regeneradas al Parque Natural de l'Albufera. La infiltración y la evapotranspiración serán los procesos principales involucrados en esta actuación. La infiltración permitirá la recarga del acuífero, mejorando también su calidad al reducir la concentración de nitratos. La posibilidad de derivar parte o todo el caudal a través de la ARJ es una potencial acción dentro de esta línea.
- LINEA 2.- Considerar que el caudal de aguas regeneradas al lago puede tener un efecto beneficioso al mejorar la renovación del agua. El caudal máximo aportado, de 21,9 Hm³/año, menos las pérdidas, aumentaría una renovación anual del lago aproximadamente. Bajo este supuesto, el objetivo es reducir las concentraciones de fósforo y nitrógeno a concentraciones inferiores a 0,3 mg P/l y por debajo de las del lago.

5. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

5.1.- Caudal-Calidad de las aguas en el Barranco de Picassent.

Durante el periodo de muestreo, junio-octubre 2022, Los resultados muestran presencia continua de agua en los puntos 2 y 3 en *situación normal*, independientemente de los aportes extraordinarios de junio-julio. En ambos casos esta presencia responde al mayor o menor afloramiento de escorrentías subterráneas en el tramo final del Bco. de Picassent, más evidente cuanto más desciende la cota del terreno. La prueba de ello son los altos valores de nitratos, superiores a 250 mg NO₃⁻/l, y de conductividad, superiores a 2000 μS/cm, que se miden en el punto 3. El resto de variables en este punto presenta concentraciones muy bajas, siendo, por ejemplo, la concentración media de fosfatos de 0,14 mg PO₄³⁻/l, claramente por debajo del límite de 0,4 mg PO₄³⁻/l. El oxígeno disuelto presenta valores altos, superiores al 100% de saturación debido a la alta presencia de algas filamentosas, indicadoras de eutrofización.

El punto 2, situado en el casco urbano de Beniparrell, presenta concentraciones de fosfatos más altas (media de 2,48 mg PO₄³⁻/l) ya que se observa el agua más estancada, afectada por la descomposición de la vegetación del barranco y por acumulaciones de materia del lavado de calles que alcanzan el barranco a través de varios aliviaderos. Las condiciones casi anóxicas de estas aguas (apenas un 15% de porcentaje de saturación), una DQO de 60,9 mg/l y el amonio en 1,59 mg NH₄⁺/l, también son indicadores de su mala calidad.



Figura 9. Aliviaderos en el Bco. de Picassent a la altura de Beniparrell.

El aporte extraordinario de agua que se produjo entre junio y julio de 2022 permitió observar el funcionamiento hidráulico del barranco y los posibles cambios que se pudieran producir en la calidad del agua al circular por él.

En el muestreo del 13/07/2021 se midieron las velocidades del agua en los puntos 1 y 2, en donde las secciones permitían realizar un cálculo estimativo de los caudales. El instrumento empleado para la medición de la velocidad fue un molinete con hélices calibradas para el rango de velocidades estimado en cada uno de los puntos (Figura 10).



Figura 10. Imágenes de molinete para medición de velocidad del flujo empleado en el proyecto.

La primera sección de medida (punto 1) está localizada 650 m aguas abajo de la confluencia con el barranco del Realón, en un punto donde un camino cruza el cauce y existe una obra de drenaje transversal bajo el mismo, con dos conductos de sección rectangular con clave circular (Figura 11). Con un calado de 0,65 m, la sección mojada era de 0,5 m² (conducto derecho) y 0,47 m² (tubo izquierdo). Con una velocidad de 0,51 m/s y 0,46 m/s, respectivamente, el caudal total circulante era de 474 l/s (Figura 12).

La segunda sección (punto 2) está localizada en el casco urbano de Beniparrell. Se trata de una sección trapezoidal con un ancho en la base de 1,2 m y taludes 1,5H:1V. Una pasarela cruza el cauce a una altura de 0,70 m del lecho (Figura 13). El día de las mediciones, el calado era aproximadamente igual a 0,70 m (la pasarela no había entrado en carga, pero la lámina libre se encontraba a escasos cm de la cota inferior del tablero) (Figura 14). Con una sección mojada de 1,6 m² y una velocidad de 0,35 m/s, el caudal circulante era de 562 l/s. Estas mediciones se han empleado para calibrar el modelo hidrodinámico y permiten calcular el tiempo de recorrido del agua en el Bco. de Picassent, que desde el punto 1 hasta el 3 no llega a las 3 horas.



Figura 11. Obra de drenaje transversal en punto 1 (vista desde aguas abajo) (29-sept)

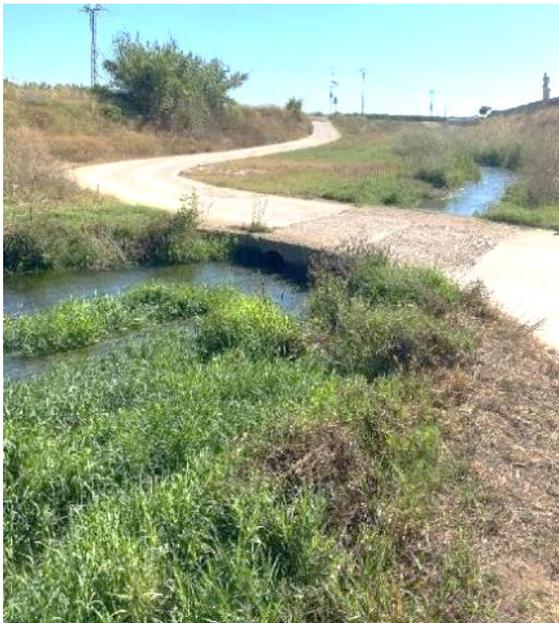


Figura 12. Obra de drenaje transversal en punto 1 (vista desde aguas arriba) durante las mediciones (28-jun)



Figura 13. Pasarela y sección transversal en punto 2 (29-sept)



Figura 14. Pasarela y sección transversal en punto 2 durante las mediciones (28-jun)

Con respecto a la calidad del agua, la mejora fue muy significativa en el punto 2. El aporte de aguas superficiales permitió alcanzar un 93% de oxígeno en saturación y reducir las concentraciones de materia orgánica, sólidos en suspensión, amonio, nitritos, fósforo total y fosfatos en cerca del 90%. La única variable que aumentó fueron los nitratos, que pasaron de 1,92 a 17,05 mg NO₃⁻/l.

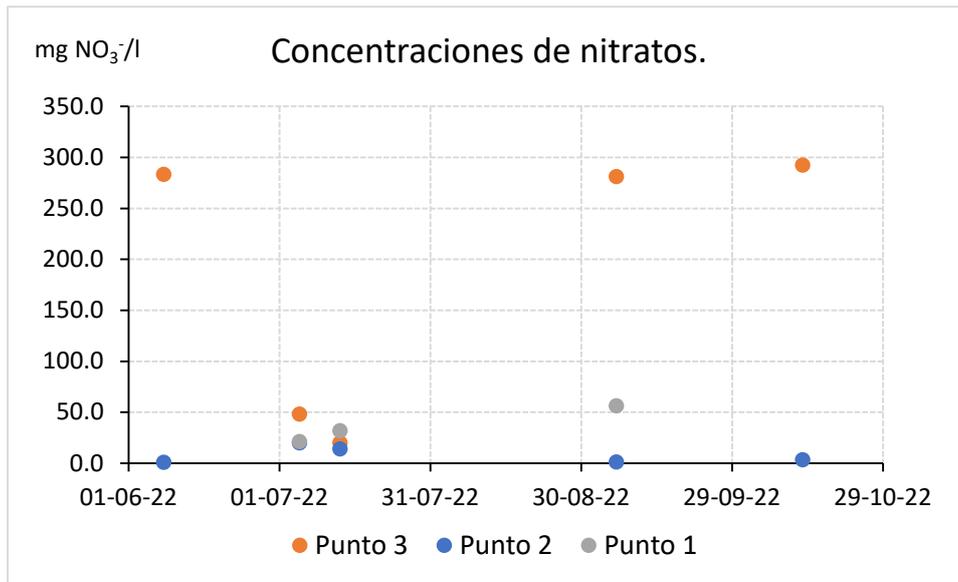


Figura 15. Concentraciones de nitratos en los diferentes puntos y fechas de muestreo.

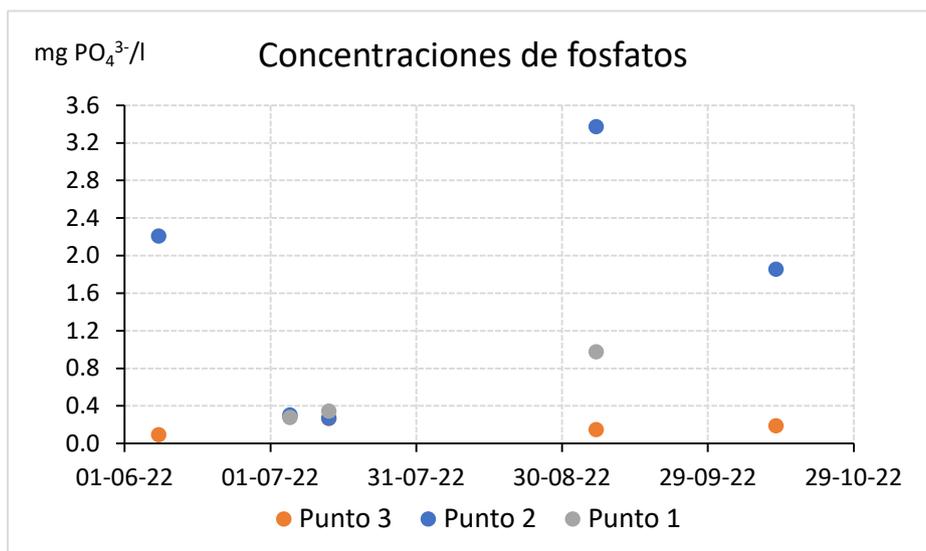


Figura 16. Concentraciones de fosfatos en los diferentes puntos y fechas de muestreo.

En el punto 3 la mejora más notable fue la reducción de los nitratos en un 88,1%, desde 285,6 hasta 34,1 mg NO₃⁻/l. La concentración de fosfatos se duplicó hasta 0,28 mg PO₄³⁻/l pero siguió sin superar la referencia de 0,4 mg PO₄³⁻/l. El motivo es porque las aguas subterráneas aportan mucha menos concentración de fósforo frente a las superficiales.

Las concentraciones de oxígeno disuelto reflejan el hecho de que en “situación normal” el punto 2 tiene una mala calidad, con valores de oxígeno disuelto muy bajos y materia orgánica (DQO) muy alta (máximo de 113 mg/l). También el punto 3 es un punto alterado ya que su concentración de OD de saturación alcanza el 179,9%, lo que indica una alta productividad primaria (eutrofización). Esta productividad no está asociada a fitoplancton en suspensión ya que las concentraciones de SST y turbidez son muy bajas sino a la presencia de algas filamentosas. Con los aportes extraordinarios en

junio/julio la concentración de OD en todos los puntos se va aproximando a los valores del 100%.

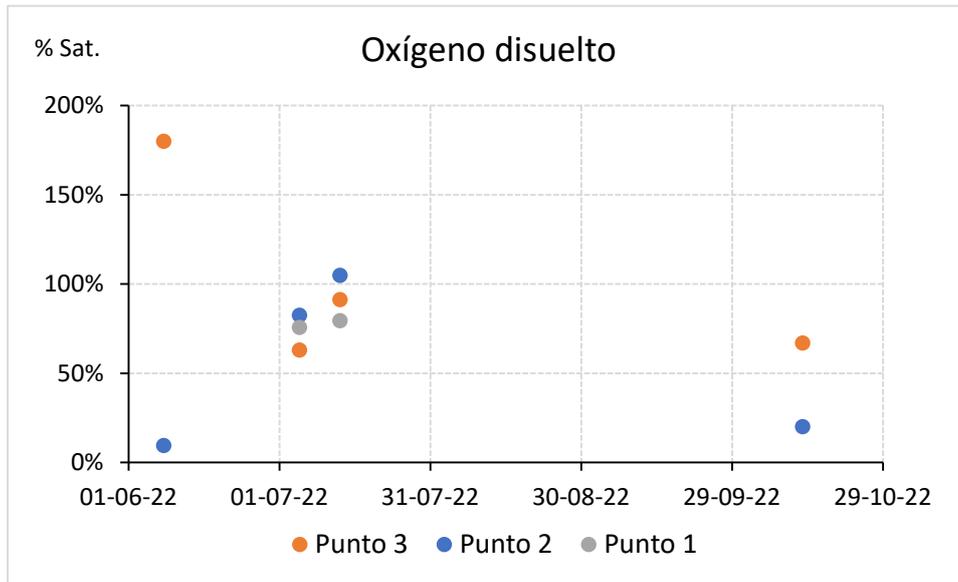


Figura 17. Concentraciones de oxígeno disuelto en los diferentes puntos y fechas de muestreo.

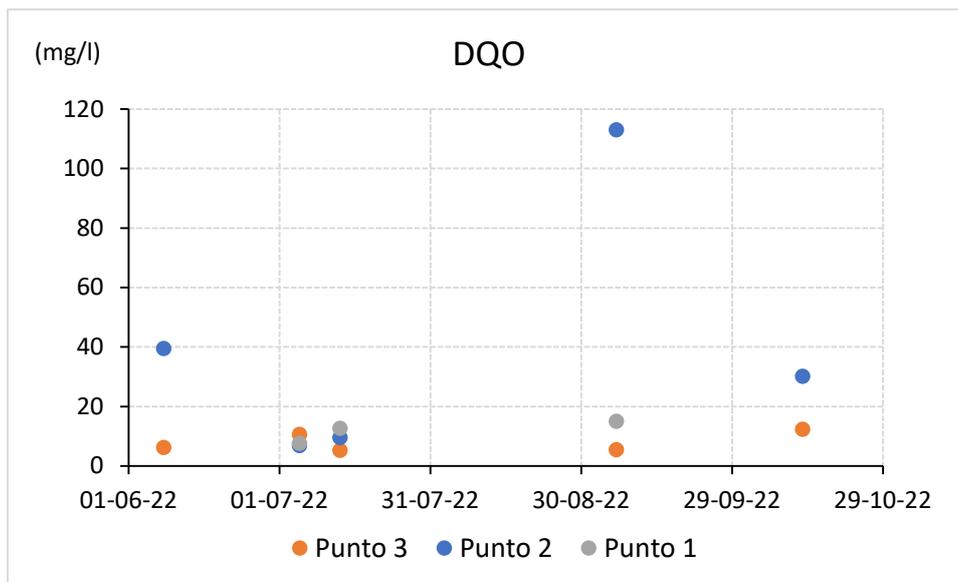


Figura 18. Valores de DQO en los diferentes puntos y fechas de muestreo.

El análisis comparativo de los datos de calidad de tipo físico-químico de las aguas en situación normal y extraordinaria permite afirmar que la calidad de los puntos del tramo del Bco. de Picassent con agua permanente mejora notablemente con las aportaciones del Júcar. En la medida en que el efluente de la futura EDAR de Alcàsser pueda tener una calidad similar a la del Júcar, se podrá afirmar que su aportación al Bco. de Picassent será positiva globalmente.

La información recogida en el punto JUI614 por la CHJ en el periodo 03/02/2021-01/08/2022 confirma los obtenidos por el IIAMA en el punto 3. La concentración media de nitratos en *situación normal* es de 272,14 mg NO₃⁻/l, mientras que bajó a 50 mg NO₃⁻/l en el momento de los aportes para volver a

subir a 268 mg NO₃⁻/l. También se observa el aumento de fosfatos a 0,25 mg PO₄³⁻/l para luego volver a bajar a 0,09 mg PO₄³⁻/l cuando cesan los aportes superficiales.

En resumen, en *situación normal* el Bco. de Picassent tiene muy mala calidad en el punto 2 y sobrepasa los niveles de nitratos y oxígeno disuelto en el punto 1. La aportación del efluente de la EDAR de Alcàsser con la calidad prevista mejorará la calidad de todo el tramo excepto en lo que concierne a las concentraciones de fosfatos, a no ser que la renaturalización propuesta alcance a disminuir estas concentraciones.

5.2.- Tasas de infiltración.

Los ensayos de infiltración del día 29/09/2022 se realizaron en dos puntos: uno en el Bco. del Realón y otro en el Bco. de Beniparrell. El suelo se encontraba bastante húmedo puesto que había llovido los días anteriores. Las velocidades de infiltración fueron de 16 m³/m² d en el Bco. del Realón y de 62 m³/m² d en el de Beniparrell. Se trata de velocidades bastante altas que, aunque no se pueden traducir directamente a tasas de infiltración reales, sí que indican que los terrenos tienen una permeabilidad alta.

En cualquier caso y para situarnos del lado de la seguridad, a partir de las experiencias mencionadas en el apartado 2.4, se va a tomar como parámetro de diseño una tasa de infiltración de 0,01 m³/m² d para barrancos y 0,1 m³/m² d para humedales artificiales.

6. MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL BCO. DE PICASSENT

Con el objeto de caracterizar el funcionamiento hidrodinámico del bco. del Realón y el bco. de Picassent, tanto para la situación correspondiente a las aportaciones de la EDAR como para los caudales asociados a altos periodos de retorno y, además, analizar cómo se modifica dicho funcionamiento con la implementación de las soluciones propuestas, se elabora un modelo hidráulico del barranco en la zona de estudio. Este modelo incluye el cauce del barranco del Realón desde el cruce con el puente de la L1 de Metrovalencia (apeadero de Realón) hasta el paso del barranco de Picassent con la autovía V-31.

El cauce del bco. de Picassent tiene sección suficiente para trasegar el caudal aportado por la EDAR sin que se produzcan desbordamientos, pudiéndose emplear para su análisis hidráulico un modelo unidimensional. No obstante, para poder analizar correctamente la inundación asociada a los periodos de retorno de $T=15$, 100 y 500 años, así como para analizar el comportamiento del flujo en las lagunas de infiltración propuestas, se considera oportuno optar por una modelación bidimensional de los barrancos.

La zona de estudio tiene una longitud de 6 km y el modelo para caudales ordinarios y de proyecto consta de una malla de cálculo con un ancho medio de aproximadamente 550 m y una superficie total de 3.85 km^2 (Figura 19).

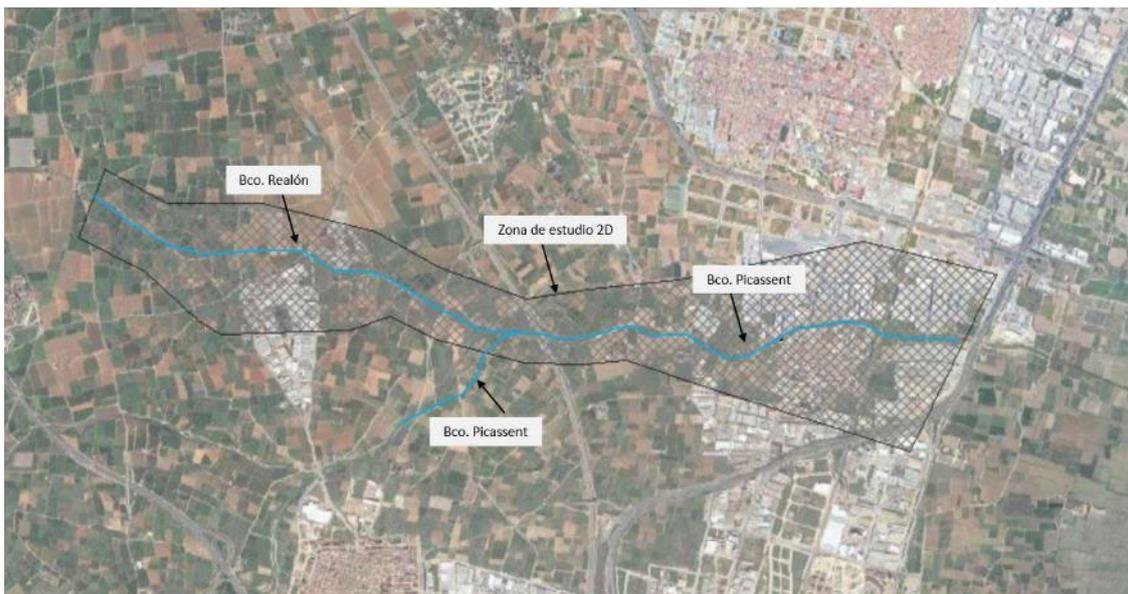


Figura 19. Extensión de la malla de cálculo 2D del modelo hidráulico para caudales ordinarios y de proyecto.

Para el estudio de caudales asociados a periodos de retorno de 25, 100 y 500 años, se amplía la malla de cálculo para que sea capaz de contener los flujos desbordados del barranco de Picassent, con una extensión total de unos 14 km^2 (Figura 20). El tamaño de celda general de la malla de cálculo es de 5m x 5m, con zonas de refinamiento de 2m x 2m en el área correspondiente a lecho y márgenes de cauces.

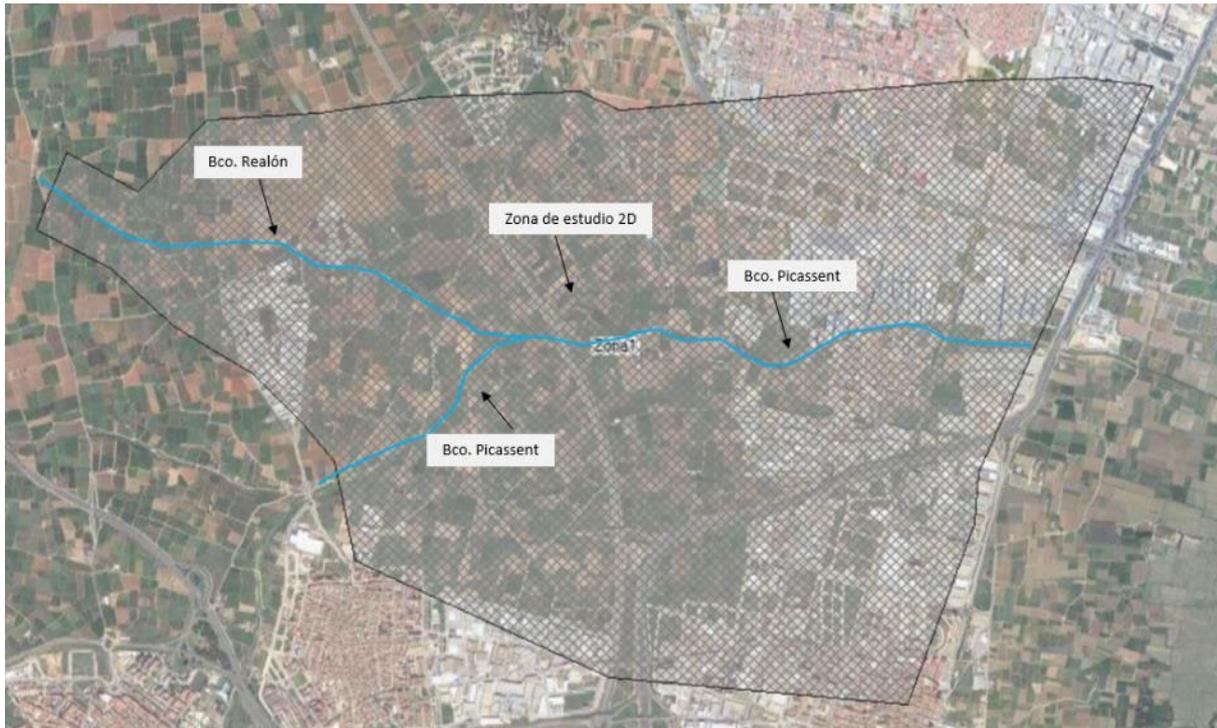


Figura 20. Extensión de la malla de cálculo 2D del modelo hidráulico para altos periodos de retorno.

El *software* de cálculo empleado es HEC-RAS v.6.3.1, que resuelve las ecuaciones de flujo bidimensional en aguas someras (*Shallow Water Equations, SWE*) mediante un algoritmo de resolución semi-implícito y la posibilidad de emplear las ecuaciones completas (*Full equations*) o las ecuaciones de onda cinemática. Una de las ventajas de HEC-RAS frente a otros *softwares* de modelación hidráulica es la incorporación de un modelo de sub-malla de cálculo, de manera que cada celda de la malla de cálculo no toma únicamente un valor de cota, sino que conserva la información topográfica del terreno del MDT, posibilitando así la definición de un tamaño de celda mayor, con la consiguiente reducción en tiempos de cálculo.

6.1.- Datos de partida.

Para la elaboración del modelo hidráulico y la determinación de los parámetros necesarios para la simulación hidráulica, se han empleado los siguientes datos:

- Modelo digital de elevaciones con tamaño de celda de 2m x 2m MDT02, completado con la información LIDAR de 2ª cobertura para la zona correspondiente al cauce de aguas bajas y Modelo Digital de Superficies Edificación - MDSnE2,5 del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional.
- Información sobre usos del suelo del SIOSE de la Comunidad Valenciana (2014) y la correspondencia entre la clasificación de usos del suelo y el coeficiente de rugosidad de Manning de la Guía Metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011).
- Caudales de avenida asociados a altos periodos de retorno recogidos en el SNCZI para el barranco de Picassent.
- Mapas de peligrosidad de inundación del PATRICOVA.
- Valores de velocidad y calado medidos en puntos significativos para la calibración del modelo hidráulico.
- Fotografías y mediciones realizadas durante las visitas de campo a la zona de estudio.

6.2.- Construcción del modelo hidráulico.

La base topográfica del modelo hidráulico es un MDT de tamaño de celda 2x2 al que se han incorporado los edificios del polígono industrial y núcleo urbano de Beniparrell. Aunque este MDT recoge la geometría básica del cauce del bco. del Realón y del bco. de Picassent, no reproduce con precisión suficiente el cauce de aguas bajas de este último, por sus reducidas dimensiones. Por ello, se incorpora información del vuelo LIDAR, con una densidad de 0,5 puntos/m².

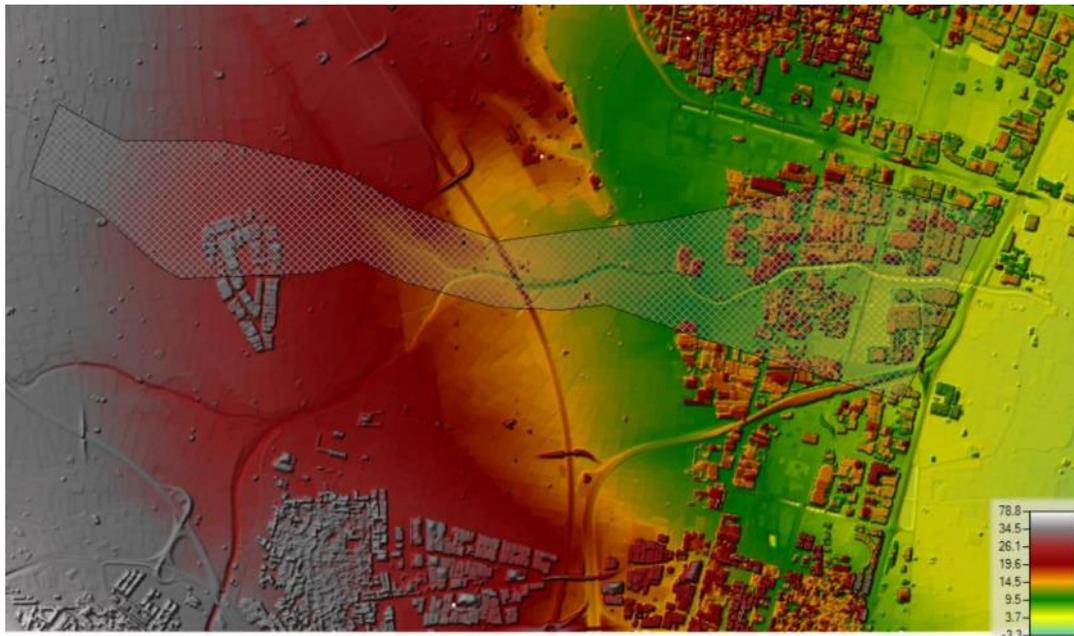


Figura 21. Modelo digital del terreno y malla de cálculo.



Figura 22. Sección transversal del bco. del Realón (aguas arriba EDAR).

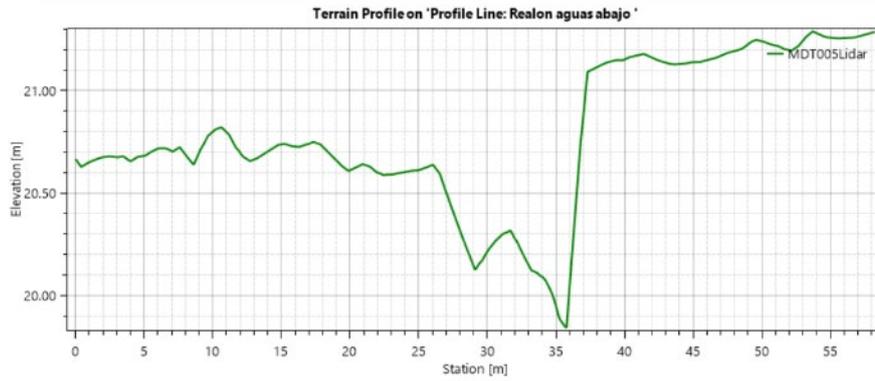


Figura 23. Sección transversal del bco. del Realón (aguas abajo EDAR).

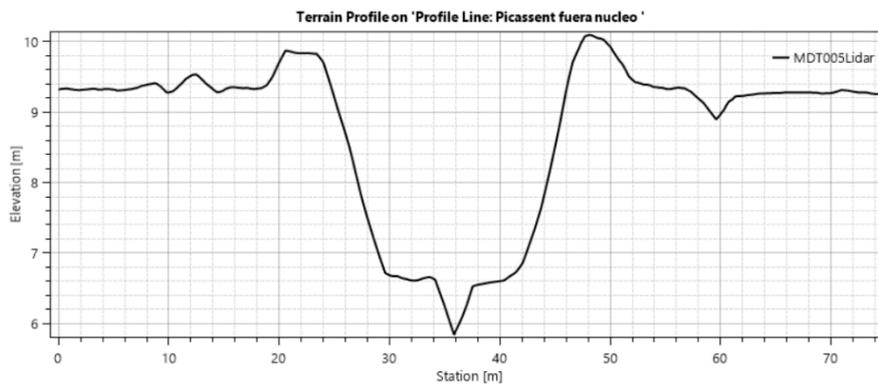


Figura 24. Sección transversal del bco. de Picassent (aguas arriba núcleo urbano de Beniparrell)

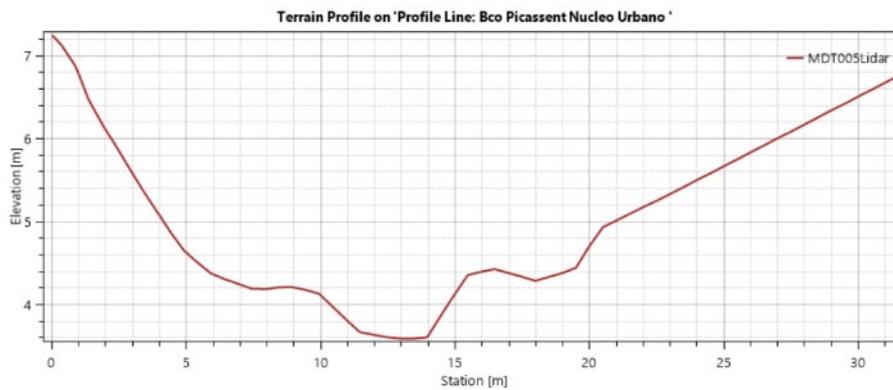


Figura 25. Sección transversal del bco. de Picassent (núcleo urbano de Beniparrell).

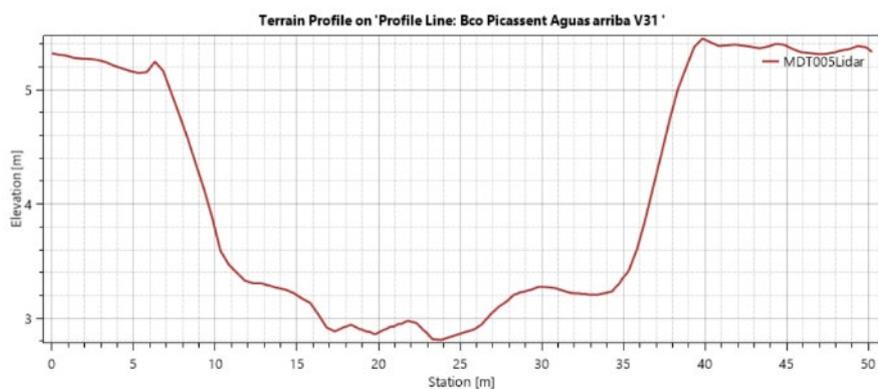


Figura 26. Sección transversal del bco. de Picassent (aguas arriba V-31).

El coeficiente de rugosidad de Manning para lecho y márgenes de cauce se ha determinado en base a las observaciones realizadas en campo del diámetro medio del material del lecho del cauce y la presencia, tipo y porte de vegetación, estando comprendido entre 0,35 y 0,45. Para la llanura de inundación, se ha empleado la equivalencia entre la clasificación de usos del suelo del SIOSE y el coeficiente de rugosidad de Manning de la Tabla 1 del Anejo V de la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.



Figura 27. Clasificación de usos del suelo del SIOSE para la zona de estudio.

Las estructuras existentes en los cauces estudiados que pueden generar una interacción con el flujo (muros, obras de drenaje, pasarelas, etc.) se han introducido en el modelo como estructuras en línea, a partir de las herramientas disponibles a tal efecto en HEC-RAS.

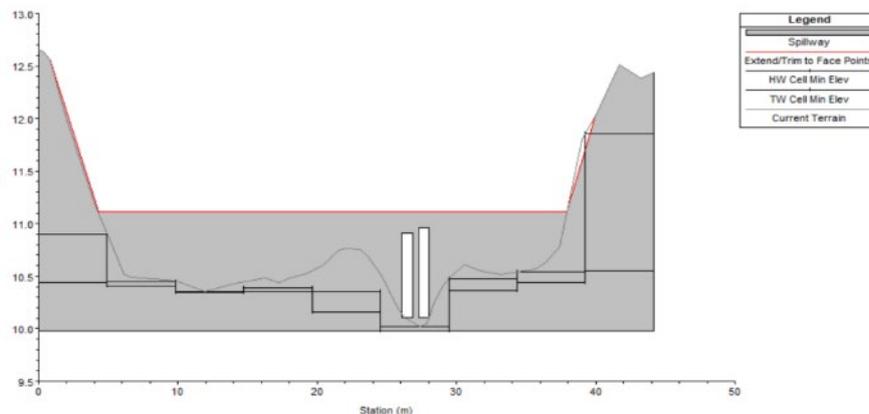


Figura 28. Camino y obra de paso en el bco. de Picassent (pto 1).

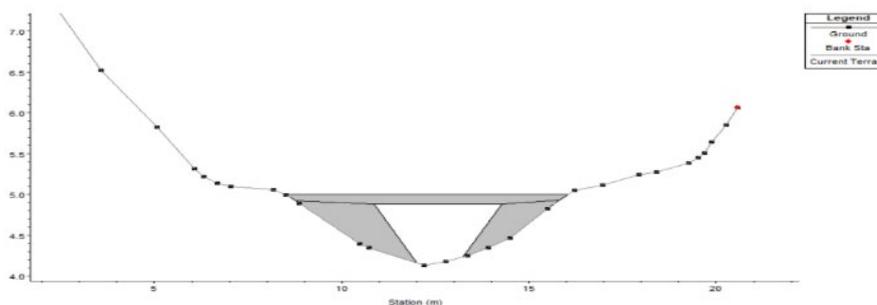


Figura 29. Pasarela en el bco. de Picassent (pto 2).

La simulación se ha realizado en régimen transitorio, con un inicio en seco (calados y velocidades nulas en todo el modelo) y un hidrograma con un caudal constante correspondiente a los diferentes escenarios simulados (Escenario de calibración $Q = 560$ l/s; Aportación de la EDAR $Q = 700$ l/s; Caudales asociados a los periodos de retorno de Q ($T500$) = 1956 m³/s, Q ($T100$) = 794 m³/s, Q ($T25$) = 143 m³/s para el bco. de Picassent).

La duración de cada simulación se ha establecido de manera que se alcance una situación estacionaria en todo el área de estudio para cada uno de los caudales considerados. El intervalo de cálculo para la simulación es variable en función del valor del número de Courant (C), con un máximo de $C=1$ y un mínimo de $C=0,45$, según las recomendaciones para el tipo de modelo y ecuaciones empleadas.

6.3.- Calibración del modelo.

Para la calibración del modelo se dispone de valores de calado y velocidad del flujo en los puntos de medida 1 y 2, obtenidos durante la visita de campo del 13 de julio, fecha en la que ocurriría un caudal por el cauce unos 550 l/s. Llevadas a cabo las simulaciones para este caudal, se observa lo siguiente:

- En el punto de medida 1, el modelo da como resultado un calado de 0,61 m aguas arriba de la obra de drenaje y una velocidad de 0,47 m/s (los valores medidos fueron de 0,63 m de calado y una velocidad media entre los dos conductos de 0,49 m/s).
- En el punto de medida 2, el modelo da como resultado un calado de 0,59 m y una velocidad de 0,40 m/s. Los valores medidos en campo fueron de 0,70 m de calado y una velocidad de 0,35 m/s.
- No se observan desbordamientos del flujo en ningún punto del cauce de aguas bajas del bco. de Picassent, como corresponde a lo observado en campo.

En el caso del primer punto, el calado medido en campo es prácticamente igual que el resultado del modelo hidráulico. En el caso del segundo punto, el calado del modelo es ligeramente inferior al medido en campo, probablemente por la presencia de vegetación y otro tipo de obstrucciones no representadas en el MDT. Se observó un desarrollo importante de la vegetación por las sueltas realizadas en verano al bco. de Picassent, por lo que se podría elevar el coeficiente de rugosidad de Manning en este escenario para el cauce del barranco.

En cuanto a los escenarios correspondientes a los periodos de retorno de T25, 100 y 500 años, se toma como elemento de calibración la extensión de la lámina libre asociada a altos periodos de retorno del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

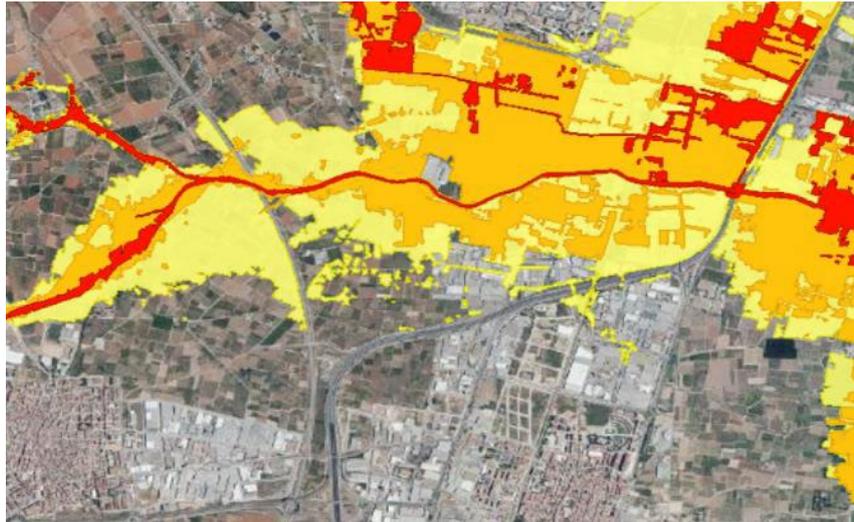


Figura 30. Extensión de la lámina libre para $T=10$, $T=100$ y $T=500$ años (fuente: SNCZI).

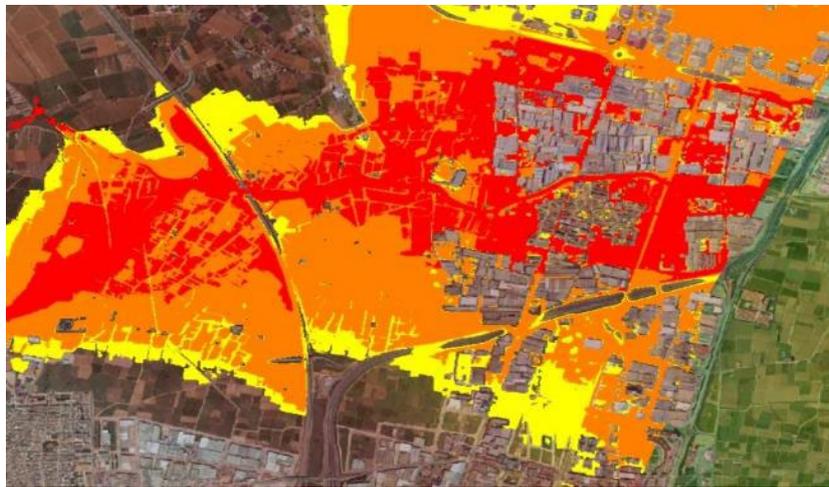


Figura 31. Extensión de la lámina libre para $T=25$, $T=100$ y $T=500$ años (modelo hidráulico).

En los mapas de inundabilidad del SNCZI se observa cómo, para la avenida de 10 años de periodo de retorno, el flujo todavía se encuentra confinado en el cauce a lo largo de la mayor parte de su recorrido. En las simulaciones realizadas, sin embargo, para $T=25$ años ya se generan desbordamientos generalizados que afectan tanto a la zona de cultivo como a la zona urbana.

Para el caso de $T=100$ y $T=500$ años, la extensión de la lámina libre simulada es ligeramente superior a la del SNCZI, pero en cualquier caso se detecta el efecto barrera provocado por la línea del ferrocarril, que afecta a la confluencia del bco. de Picassent y el bco. de Realón. Aguas abajo, el núcleo urbano de Beniparell se encuentra afectado prácticamente en su totalidad, debido a la proximidad al cauce, la disminución de la pendiente en la entrada al Parque de la Albufera, el obstáculo que supone la V31 y, aunque no se ha considerado en la simulación hidráulica, los flujos desbordados del bco. del Poyo por margen izquierda.

6.4.- Análisis de situación actual.

El cauce del bco. del Realón presenta un cauce natural que se ve interrumpido por muros de parcelas de campos de cultivo. Para analizar el tiempo de tránsito del flujo desde la parcela de la EDAR, al Norte

del polígono industrial, hasta la llegada a la Séquia del Comú, 450 m aguas abajo de la V-31, se han eliminado estos muros del modelo, manteniéndose la definición del cauce según los datos del MDT. Así, para un caudal de 700 l/s, se observa como el flujo queda contenido en el cauce a lo largo de la mayor parte de su recorrido, produciéndose inundaciones únicamente en aquellos puntos en los que el cauce se desdibuja (interior de parcelas de cultivo, cruces de carreteras sin ODT...).



Figura 32. Extensión de la lámina de inundación en el entorno del polígono industrial El Pla.

En las zonas donde el cauce está bien definido, se observan calados en torno a 30 cm y velocidades en torno a 0,5 m/s, que se ven notablemente disminuidas en las zonas correspondientes a las parcelas de cultivo (en torno a 0,1 m/s). El tiempo de tránsito desde la parcela de la EDAR hasta la confluencia con el bco. de Picassent es de 2 h y media.

A partir de la confluencia con el bco. de Picassent, el cauce tiene unos 30 m de ancho que se reducen a 20 m en la zona encauzada dentro del casco urbano de Beniparell, y que vuelve a ensancharse nuevamente a 30 m hasta su desembocadura en la Séquia del Comú. En el barranco de Picassent existe un cauce de aguas bajas con una capacidad en torno a 0,6 ~ 0,8 m³/s, según las mediciones realizadas en la visita de campo de julio, en la que algunas de las pasarelas que cruzan dicho cauce de aguas bajas se encontraban al límite de su capacidad. El modelo hidráulico muestra como el flujo queda contenido en el cauce de aguas bajas.



Figura 33. Extensión de la lámina de inundación en el núcleo urbano de Beniparell.

En el tramo comprendido entre la confluencia y el núcleo urbano de Beniparrell se observan calados de entre 40 y 50 cm y velocidades en torno a los 0,5 m/s. En el núcleo urbano, las velocidades se mantienen entre 0,4 y 0,5 m/s, bajando hasta los 0,3 m/s en el último tramo (salida de núcleo urbano y paso bajo la V-31). El tiempo de tránsito entre la confluencia y el paso bajo la autovía es de unas 3 horas, dando como resultado un tiempo total de 5,5 horas desde la EDAR hasta la V-31.

Para la situación en avenida, los caudales aportados por la EDAR no suponen ninguna modificación de la extensión de la zona inundable, ya que son varios órdenes de magnitud inferiores a los asociados a altos periodos de retorno del bco. de Picassent.

En cuando a los caudales de avenida del bco. del Realón hasta la confluencia, será necesario realizar un análisis hidrológico de la cuenca vertiente para obtener los caudales correspondientes y modelar la situación en avenida, en situación pre y post operacional. Para la modelación hidráulica, será imprescindible incluir en el modelo, como condición de contorno, el nivel impuesto por los flujos desbordados del bco. de Picassent, ya que afectan al bco. del Realón aguas arriba de su confluencia.

7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS.

Las acciones que se pueden desarrollar siguiendo las dos líneas de actuación indicadas en el apartado 3 serán las siguientes:

- Acciones de la línea 1:
 - Favorecer la recarga del acuífero creando lagunas de infiltración naturalizadas en terrenos adyacentes al barranco del Realón. Se estudiará la posibilidad de construcción de lagunas en la propia parcela de la EDAR.
 - Favorecer la evapotranspiración de la vegetación helófito en el Bco. del Realón. Se estudiará la posibilidad de aprovechar la conducción de reutilización para distribuir agua al barranco desde el apeadero del Realón y renaturalizar todo el barranco.

- Acciones de la línea 2:
 - Generar lagunas de renaturalización en terrenos adyacentes al Bco. del Realón. Aprovechar toda la longitud del barranco, desde el apeadero del Realón, para la eliminación de nutrientes y renaturalización. Estudiar la posibilidad de construir humedales en la propia parcela de la EDAR. El objetivo es reducir los fosfatos a menos de 0,4 mg PO₄³⁻/l para que pueda acceder al Bco. de Picassent.
 - Generar en el Bco. de Picassent/Beniparrell de espacios de renaturalización.
 - Reconvertir terrenos agrícolas del P.N. de l'Albufera en humedales de reanaturalización.

Las acciones descritas no son excluyentes, por lo que se pueden combinar en función de los resultados de cada una de ellas, que se aportan en los apartados siguientes.

7.1.- Recarga de acuíferos con aguas regeneradas y evapotranspiración.

La infiltración se producirá fundamentalmente en las Zonas 1 y 2 y parcialmente en los Barrancos. Asumiendo que la superficie de lámina de agua en ellas será del 70% del total, debido a la necesidad de habilitar caminos, zonas de servicios, etc., la superficie efectiva será de 22200,5 m². Para una tasa de infiltración de **1 m³/m² d**, el caudal infiltrado sería de 22200,5 m³/d, lo que supone un 37% del total. El caudal que llegaría al Bco. de Picassent estaría en el entorno de 37799,5 m³/d.

El agua regenerada de la EDAR se impulsa hasta en el Bco. del Realón antes del cruce con las vías de FGV y el camino de Torrent a Picassent, en la cota 39,5 m. aproximadament. El recorrido hasta el Bco de Picassent es de 2980 m. y su anchura media es de 11 m. Superficie 33412 m². La cota final es de 12,86 m. y la pendiente media es de 0,89%.

No es previsible que toda la anchura del cauce esté ocupada por lámina de agua, por lo que se va a reducir a la mitad la superficie disponible: 16706 m². La tasa de infiltración en los barrancos será muy variable: hay zonas donde es visible el sustrato base rocoso y en donde la infiltración será nula, mientras que en otras sí se podrá producir, aunque el efecto global será pequeño. Suponiendo una

tasa de infiltración global de **0,01 m³/m² d**, el caudal infiltrado en el Bco. del Realón puede rondar los 167,06 m³/d, lo cual supone un pequeño porcentaje del caudal total (0,28%).

Por otro lado, se dispone de las Zonas 1 y 2, que suman una superficie de 31715 m²; en ellas hay que hacer obras de adecuación y tránsito, por lo que la superficie de lámina de agua sería un 70% de la total: 22200,5 m². Estas zonas, actualmente agrícola, sí que pueden presentar tasas de infiltración mayores, por lo que se va a suponer que se alcanzan **0,1 m³/m² d**, el caudal infiltrado sería de 2220,05 m³/d, lo que supone un 3,7% del total de agua regenerada disponible. El caudal que llegaría a la confluencia con el Bco. de Picassent estaría en el entorno de 57612,89 m³/d.

En el tramo del Bco. de Picassent hasta la Séquia del Comú la infiltración se verá muy disminuida conforme se aproxime al final de este tramo. A partir del núcleo urbano de Beniparrell y más cuanto más nos acercamos al PN de l'Albufera, el Bco. se convierte en ganador desde el acuífero si no circula agua. Aunque evidentemente esto depende mucho del nivel del acuífero en cada momento. Si circula, es posible que recargue el acuífero, pero es muy difícil tener una idea de su magnitud.

A partir del trabajo de campo se ha observado que en el punto 1 de muestreo no suele haber agua de manera permanente, mientras que en el 2 sí la hay. Por lo tanto, se va a asumir que la infiltración en el Bco. de Picassent se puede producir de manera eficaz en el primer kilómetro desde la confluencia. Contando con una anchura media de 20,6 m definida en el apartado 2.1.3, y un 50% de lámina de agua tras su adecuación, la superficie de infiltración sería de unos 10.300 m². La tasa de infiltración sería la asignada a barrancos, **0,01 m³/m² d**, por lo que el caudal diario infiltrado sería de 103 m³/d.

En total, de los 60000 m³/d aportados por la EDAR, se estima que unos 2500 m³/d podrían infiltrarse en el acuífero, lo cual supone un porcentaje bastante bajo, del 4,1% del caudal total. No obstante, la posibilidad de recargar al acuífero casi 1 Hm³/año permitiría disponer de un caudal adicional que poder ser empleado en agricultura mediante bombeos. Actualmente, en el acuífero de la Plana de Valencia Sur se extraen por bombeos agrícolas 31 Hm³/año (Citores, I., 2018).

La pérdida de agua por evapotranspiración tan solo será significativa durante los meses de verano. Plantas como el carrizo y la enea llegan a evapotranspirar hasta 10 l/m² d en esa época del año. Considerando que, de la suma de superficies de barrancos y humedales, 134.390 m², un 30%, 85.906 m² está ocupada por vegetación acuática, las pérdidas por evaporación máximas serían de unos 258 m³/d (0,43% del caudal total). En invierno serán muy inferiores debido a la parada vegetativa de las plantas. Por lo tanto, se puede afirmar que las pérdidas por evapotranspiración no modificarán significativamente el balance de agua en el sistema.

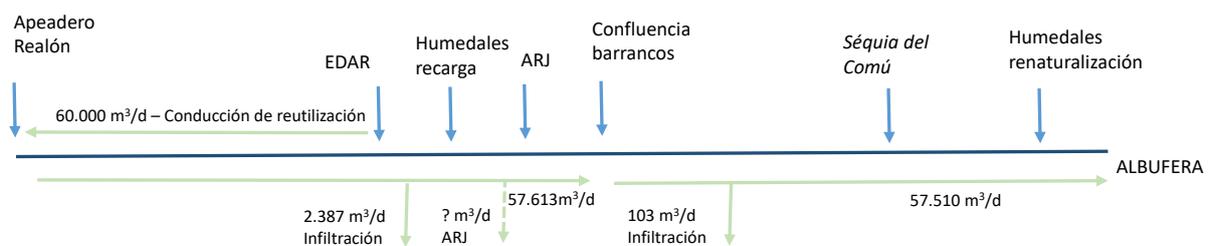


Figura 34. Esquema conceptual de aportaciones, flujo superficial y pérdidas por infiltración.

7.2.- Eliminación de nitrógeno y fósforo.

La base de partida es el aporte máximo diario de NT y PT, calculado como el producto del caudal tratado (60000 m³/d) por la concentración de salida, 10 mg N/l y 0,3 mg P/l: 600 kg N/d y 18 kg P/d.

Se va a suponer que todo el fosforo está en forma de fosfatos dados los sistemas de tratamiento que se van a emplear.

7.2.1. Hasta el punto de entrega en el Bco. Picassent.

Para el cálculo del tiempo de retención hidráulico, se van a dividir las zonas de los barrancos y humedales construidos.

En los humedales artificiales, suponiendo un calado medio de 0,5 m, el volumen sería de 11100,25 m³ y el TRH sería de 4,44 horas. En el barranco del Realón, el tiempo de recorrido del agua es de 2 horas, a una velocidad aproximada de 0,4 m/s.

La Carga Hidráulica Superficial es de 60000 m³/d / 38906,5 m² = 1,542 m³/m² d. Este valor es 8 veces mayor que el máximo para el cual son aplicables las ecuaciones empíricas (0,192 m³/m² d), por lo que no se pueden emplear. Se va a hacer uso del modelo k-C*.

Cálculo

$$\left(\frac{C_{inf} - C^*}{\exp\left(S \frac{k_A}{Q}\right)} \right) + C^* = C_{ef}$$

$$[NT]_{infi} = 10,0 \text{ mg N/l.}$$

$$[NT]^* = 0,7 \text{ mg/l.}$$

$$k_A = 0,013 - 0,123 \text{ d}^{-1}.$$

$$[PT]_{infi} = 0,3 \text{ mg P/l.}$$

$$[PT]^* = 0,044 \text{ mg P/l}$$

$$k_A = 0,041 - 0,103 \text{ d}^{-1}.$$

Tabla 4. Eliminación de NT y PT hasta el punto de entrega en el Bco. de Picassent.

| | [NT] _{efluente} (mg N/l) | [PT] _{efluente} (mg P/l) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| k _A (d ⁻¹) | | |
| 0,013 | 9,92 | |
| 0,041 | 9,76 | 0,29 |
| 0,103 | 9,40 | 0,28 |
| 0,123 | 9,29 | |

Se comprueba que la eliminación de NT y PT es muy pequeña. Los resultados más favorables darían lugar a una eliminación de 42,78 kg N/d (7,13% del aportado) y de 0,99 kg P/d (5,5% del aportado).

Durante el recorrido y el paso a través de barrancos y humedales se ha producido la infiltración de 2387 m³/d, por lo que los cálculos a partir de este momento se realizarán con el caudal de 57613 m³/d y las concentraciones de 9,29 mg N/l y de 0,28 mg P/l.

La infiltración supone la eliminación de 23,87 kg N/d y de 0,72 kg P/d, lo que, sumado a lo eliminado por superficie, en el momento en el que el agua llega al Bco. de Picassent se ha eliminado un 11% del NT y un 9% del PT efluente de la EDAR.

7.2.2. Hasta la Séquia del Comú.

Con el fin de evaluar la capacidad de eliminación en el tramo del Bco. de Picassent, se va a asumir que el 50% de su superficie es útil; esto es, 34631,5 m².

Para un caudal remanente de 57613 m³/d, la CHS resulta ser de 1,66 m³/m² d. Esta carga hidráulica sigue siendo muy elevada como para poder aplicar los modelos multivariantes. Se emplea el modelo k-C*.

Tabla 5. Eliminación de NT y PT hasta la Séquia del Comú.

| | [NT] _{efluente} (mg N/l) | [PT] _{efluente} (mg P/l) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| k _A (d ⁻¹) | | |
| 0,013 | 9,22 | |
| 0,041 | 9,08 | 0,28 |
| 0,103 | 8,77 | 0,27 |
| 0,123 | 8,68 | |

Los resultados en eliminación son similares a los del primer tramo, se eliminan adicionalmente 35,3 kg N/d y 0,83 kg P/d y las concentraciones no bajan mucho. En este punto se ha eliminado el 17% del NT y el 14,1% del PT aportado.

7.2.3. Zona húmeda P.N. Albufera.

Se considera una superficie total a ocupar de 50 ha, de las cuales el 70% será lámina de agua. Considerando que no hay infiltración, la CHS es de 0,16 m³/m² d, lo que entra dentro del rango de aplicación de los modelos multivariantes.

Se parte de las concentraciones de NT y PT del apartado anterior, 8,68 mg N/l y 0,27 mg P/l, respectivamente. Los resultados son los siguientes:

Tabla 6. Eliminación de NT y PT en la zona húmeda del P.N. Albufera.

| | [NT] _{efluente} (mg N/l) | [PT] _{efluente} (mg P/l) |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Modelo multivariante 1 | 5,21 | 0,22 |
| Modelo multivariante 2 | 6,94 | 0,29 |
| Modelo k-C* | | |
| k_A (d ⁻¹) | | |
| 0,013 | 8,07 | |
| 0,041 | 6,92 | 0,22 |
| 0,103 | 5,02 | 0,16 |
| 0,123 | 4,48 | |

7.2.3.1.- Ubicación de los humedales.

La ubicación final y los terrenos definitivos que se empleen para la formación de la zona húmeda será decidida en función de una serie de condicionantes que se analizarán entre todas las partes implicadas. Las dos ubicaciones de tipo genérico propuestas son:

- Al final del Bco. de Picassent e inicio de la Séquia del Comú. Zona oeste del PN de l'Albufera en la transición entre cultivos y arrozal.
- En la desembocadura de la Séquia del Comú, a las orillas del lago.

7.2.3.1.1.- Ubicación en el borde oeste del P.N.

Se propone que las aproximadamente 50 ha de zona a transformar se desarrollen en la margen derecha del Bco. de Picassent. En la figura siguiente se muestra una imagen de lo que podría ser la zona transformada.



Figura 35. Propuesta de parcelas transformadas en margen derecha de la Séquia del Comú.

Uno de los objetivos principales de esta configuración es el de distribuir el caudal aportado desde la EDAR en varias acequias, de manera que la erosión que pueda producir sobre las motas de las mismas sea menor que si circulara el agua por una única acequia. También se podría mejorar el aporte de agua a los campos, en época de *Perelloná*, por ejemplo, si el agua se distribuye por más acequias. Por ello la forma de la zona húmeda propuesta va ganando en anchura conforme se avanza en la circulación del agua.

El agua sería entregada a la Séquia de la Font d'Alapont, la Séquia de Santa Anna, la Séquia de la Providència y la Séquia del Comú, mejorando su calidad ambiental. Bien es verdad que conforme se van aproximando al lago, también se van juntando unas con otras hasta confluír en la Séquia del Comú, pero con esta disposición, la zona de influencia del agua aportada por la EDAR se incrementa sobre una solución que mantuviera toda el agua por la Séquia del Comú, como se puede ver en la figura siguiente:

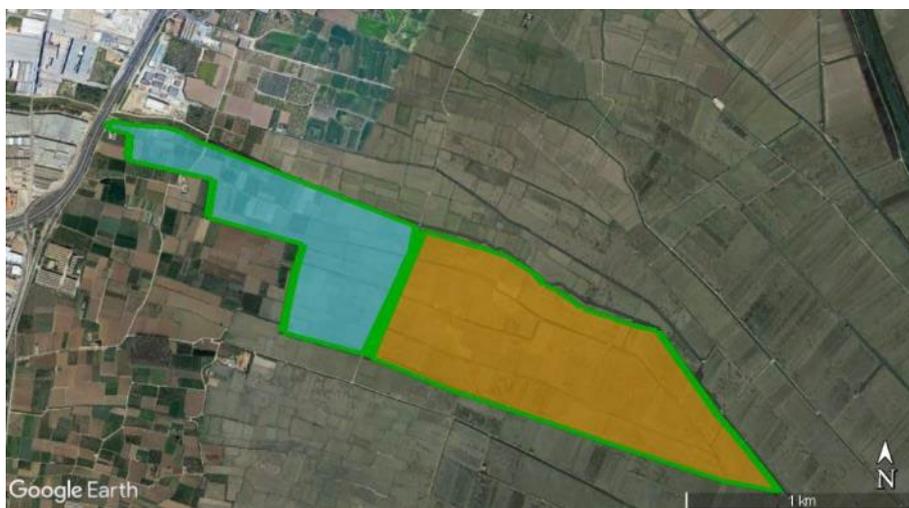


Figura 36. Zona de influencia del agua aportada por la EDAR discurriendo por la Séquia del Comú, detalle.



Figura 37. Zona de influencia del agua aportada por la EDAR discurriendo por la Séquia del Comú, vista general.

Ventajas:

- Proporciona continuidad ambiental a la renaturalización de los barrancos.
- Crea una barrera natural entre la zona altamente antropizada (polígonos industriales, V31, etc.) y el P.N. facilitando la conectividad ecológica.
- Distribuye el caudal entre varias acequias, evitando la erosión de las motas de la Séquia del Comú.
- Aumenta la zona de influencia de agua de buena calidad en los arrozales del PN.
- El agua circula por gravedad sin necesidad de bombeos.

7.2.3.1.2.- Ubicación en el borde oeste del P.N.

La ubicación en las orillas del lago se produciría en los Tancats de Germanells y parte del dels Peixcadors, entre las acequias de Albal y del Comú. En la figura siguiente se muestra un boceto de la superficie que ocuparía este espacio.



Figura 38. Propuesta de parcelas transformadas en las orillas del lago de la Albufera.

Las ventajas frente a la anterior propuesta de ubicación son:

- La creación de hábitats de humedales en las orillas del lago.
- La proximidad a la reserva natural del Tancat de la Pipa.
- La depuración de nutrientes evacuados desde los arrozales.
- La depuración de aguas de acequias tras operaciones de dragado y restitución de motas.

Inconvenientes:

- Necesidad de bombear el agua del Tancat al lago.
- Necesidad de reforzar las motas de la Séquia del Comú.

7.2.4.- Cálculo del caudal óptimo.

Los resultados anteriores muestran que un caudal de 60000 m³/d es excesivo para que la eliminación natural de fósforo tenga un impacto sobre las concentraciones. A continuación, se realiza el cálculo inverso: aplicando los modelos, se obtienen los siguientes caudales para distintas hipótesis de concentración a obtener:

Tabla 7. Hipótesis de caudal consideradas para la eliminación natural del fósforo.

| Hipótesis | Caudal desde EDAR (m ³ /d) |
|---|---------------------------------------|
| Que la concentración de PT en la confluencia con el Bco. de Picassent sea 0,131 mg P/l (0,4 mg PO ₄ ³⁻ /l). | 3700 |
| Que la concentración de PT en la llegada al P.N. de l'Albufera sea 0,1 mg P/l (0,3 mg PO ₄ ³⁻ /l). | 6350 |

En la medida en que se pueda mejorar la capacidad de infiltración al terreno, el caudal desde la EDAR se podría incrementar.

7.3.- Hipótesis de funcionamiento optimizado de la EDAR de Alcàsser.

En los cálculos efectuados en el apartado 6.2 se ha partido de una concentración base de PT a la salida de la EDAR de 0,3 mg P/l. Dado que la mayor parte estará en forma de fosfatos, se sigue considerando, como situación más desfavorable, que **todo está en forma de fosfatos**.

El problema de la reducción de fósforo en los efluentes de EDAR está siendo abordado también en las EDAR de Albufera Sur y de Sueca. Adicionalmente al tratamiento terciario que disponen (coagulación-floculación, filtración en arenas y desinfección UV) se han instalado por parte de ACUAMED un sistema posterior de afino mediante membranas, por lo que se pueden extraer aprendizajes muy provechosos de la experiencia de ACUAMED en este ámbito.

En la tabla siguiente se muestran los valores medios con su desviación estándar en las entradas y salidas a este sistema de afino desde octubre de 2019 hasta mayo de 2022¹.

Tabla 8. Valores medios de concentración de fósforo en entrada y salida de las EDAR de Albufera Sur y Sueca.

| Fósforo total | Albufera Sur | | Sueca | |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | mg P/l | mg PO ₄ ³⁻ /l | mg P/l | mg PO ₄ ³⁻ /l |
| Entrada desde EDAR a terciario | 0,485±0,270 (n=137) | 1,485±0,829 | 0,504±0,383 (n= 135) | 1,545±1,173 |
| Salida hacia humedales Albufera | 0,165±0,089 (n=154) | 0,507±0,274 | 0,148±0,100 (n= 157) | 0,455±0,306 |

Los resultados aportados por ACUAMED muestran que es factible alcanzar concentraciones de salida

¹ Se ha considerado un valor de la concentración igual al límite de detección cuando el resultado experimental indica "menor que...".

en el vertido que estén muy próximas al límite de $0,4 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{l}$, aunque ligeramente por encima, que se les exige a las aguas de cauces naturales para el límite entre el estado bueno y moderado.

Los proyectos de ACUAMED aportan otra información muy relevante para la propuesta, como es el resultado de los humedales artificiales del Tancat de Milia y del Tancat de L'illa en el mismo periodo de tiempo considerado. El primero recibe el agua de la EDAR de Albufera Sur, mientras que el segundo lo hace de la EDAR de Sueca.

Tabla 9. Valores medios de concentración de fósforo en entrada y salida los los Tancats de Milia y L'illa.

| Fósforo total | Tancat de Milia | | Tancat de L'illa (n= | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | mg P/l | mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ | mg P/l | mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ |
| Entrada desde salida terciario EDAR | $0,146 \pm 0,125$ (n=31) | $0,446 \pm 0,382$ | $0,106 \pm 0,057$ (n= 22) | $0,324 \pm 0,173$ |
| Salida hacia lago Albufera | $0,108 \pm 0,064$ (n=32) | $0,331 \pm 0,194$ | $0,099 \pm 0,036$ (n= 29) | $0,302 \pm 0,110$ |
| | | | | |

Se puede comprobar que los humedales consiguen reducir un poco más las concentraciones de fósforo, situándolas por debajo de $0,4 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{l}$ a la salida del sistema.

La carga hidráulica aplicada se puede obtener a partir de los caudales suministrados y de la superficie de humedales que están en operación. En el Tancat de Milia, el caudal medio mensual entre junio de 2019 y abril de 2022 fue de $66.043 \text{ m}^3/\text{mes}$, con un máximo de $116.214 \text{ m}^3/\text{mes}$ y un mínimo de $12.792 \text{ m}^3/\text{mes}$. La superficie total de lámina de humedales es de unas 27 ha distribuidas en 4,13 ha de humedal subsuperficial, 15 ha de humedal de flujo superficial y 7,6 ha de laguna somera. Por tanto, la carga hidráulica media en cada sector sería de 0,053, 0,015 y $0,029 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$. Aunque pudiera pensarse que con una carga hidráulica baja los resultados serían mejores, hay que tener en cuenta que el tiempo de residencia es inversamente proporcional a ella y que cuanto mayor sea el TRH algunos procesos, como la eutrofización, se ven favorecidos. Por ejemplo, el TRH en la laguna, suponiendo un calado medio de 0,5 m (entre 0,2 y 0,8 m) sería de 17 días.

Por otro lado, el resto de variables de calidad del efluente presentan unas concentraciones realmente bajas, con valores medios de DQO de 22 mg/l y nitrógeno total $5,64 \text{ mg N/l}$, que en forma de nitratos supondrían $25 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$.

Aplicando los modelos anteriores a concentraciones de salida de la EDAR de Alcàsser de $0,2 \text{ mg P/l}$ se alcanzan los valores siguientes de concentración de fósforo total en cada uno de los puntos considerados:

Tabla 10. Concentración de PT en el efluente (mg P/l) de la EDAR suponiendo una concentración de PT de salida de 0,2 mg P/l. Entre paréntesis, la concentración expresada en mg PO₄³⁻/l como si todo el PT estuviera en forma de fosfatos.

| | Hasta punto entrega Bco. Picassent | Hasta Séquia del Comú | Zona húmeda P.N. de l'Albufera |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| k _A (d ⁻¹) | | | |
| 0,013 | | | |
| 0,041 | 0,196 (0,601) | 0,192 (0,588) | 0,160 (0,490) |
| 0,103 | 0,190 (0,582) | 0,181 (0,555) | 0,117 (0,359) |
| 0,123 | | | |

Por último, se realizan las mismas simulaciones que en el apartado 6.2 para ver cuál podría ser el caudal máximo que cumpla las hipótesis indicadas en la Tabla 11, desde la EDAR si la concentración del vertido es 0,2 mg P/l:

Tabla 11. Caudales máximos desde la EDAR con diferentes hipótesis para una concentración de vertido de 0,2 mg P/l.

| Hipótesis | Caudal desde EDAR (m ³ /d) |
|--|---------------------------------------|
| Que la concentración de PT en la confluencia con el Bco. de Picassent sea 0,131 mg P/l (0,4 mg PO ₄ ³⁻ /l). | 6800 |
| Que la concentración de PT en la llegada al P.N. de l'Albufera (Séquia del Comú) sea 0,1 mg P/l (0,3 mg PO ₄ ³⁻ /l). | 9000 |

7.4.- Recuperación del oxígeno disuelto.

A partir de las campañas de muestreo y medición se van a considerar los siguientes datos de partida:

Tramo 1. Bco Realón.

Caudal = 60000 m³/d; 694,44 l/s.

Longitud: 2981,5 m

Anchura media del flujo de agua: 5,5 m.

Pendiente: 0,89%

Calado medio: 0,1635 m (Ec. Manning, n= 0.035)

Velocidad media: 0,78 m/s. (Ec. Manning, n= 0.035)

Tiempo recorrido: 1 hora

Constante de reaireación k₂' = 52,5 d⁻¹ (Owens-Gibbs)

Tramo 2. Bco. Picassent.

Caudal = 60000 m³/d; 694,44 m/s.

Longitud: 3366 m

Anchura media del flujo de agua: 5,5 m.

Pendiente: 0,34%

Calado medio: 0,2195 m (Ec. Manning, n= 0.035)

Velocidad media: 0,58 m/s. (Ec. Manning, n= 0.035)

Tiempo recorrido: 1,61 hora

Constante de reaireación $k_2' = 29,1 \text{ d}^{-1}$ (Owens-Gibbs)

Dada la excelente calidad del agua a la salida de la EDAR, se va a considerar que no hay demanda de oxígeno, por lo que solo hay reaireación. En la situación más desfavorable en la concentración de oxígeno disuelto es cero, el perfil de oxígeno disuelto sería el siguiente:

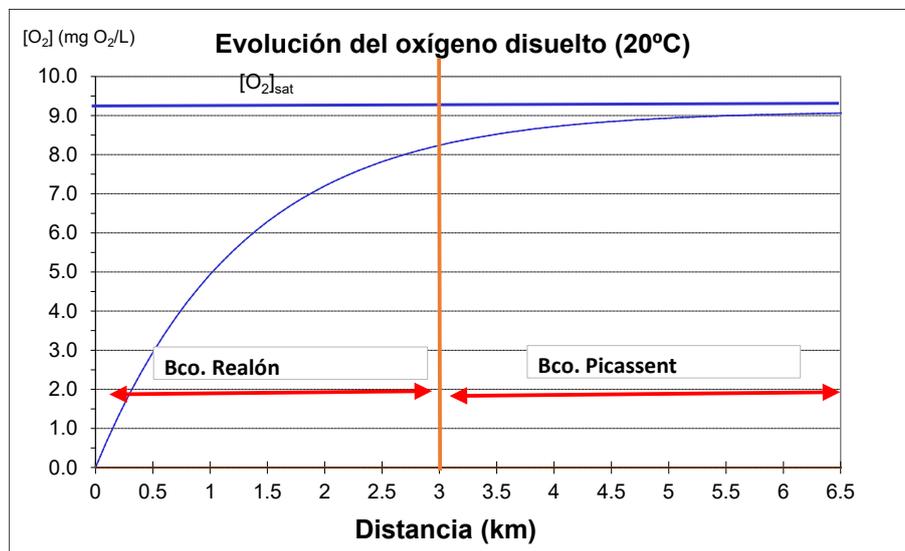


Figura 39. Perfil de oxígeno disuelto en el tramo de estudio.

En el cual se observa una rápida capacidad de reaireación que permite alcanzar concentraciones de oxígeno disuelto elevadas a pocos kilómetros del inicio del Bco. del Realón. La aportación de este caudal junto a su capacidad de reaireación permitiría mejorar la calidad del punto 2, situado en el km 5 aproximadamente, ya que en la actualidad es un punto con agua permanente de mala calidad.

7.5.- Mejora de la biodiversidad e hidromorfología de los cauces y zonas húmedas.

La mejora de la biodiversidad y la hidromorfología en el ámbito de los barrancos del Realón y Picassent es otro aspecto positivo a considerar si se decide hacer circular el agua por los mismos. La actuación propuesta permite crear zonas con vegetación propia de barrancos, erradicar las especies vegetales invasoras y propiciar hábitats para recuperación de la fauna.

Una adecuada restauración hidromorfológica convertiría estos barrancos en infraestructuras verdes, corredores biológicos de conexión entre el P.N. de l'Albufera y las zonas del interior. De hecho, la capacidad de renaturalización de estos barrancos se ha podido constatar en el breve periodo, entre

junio y julio de 2022 en que se derivaron unos 400-500 l/s desde el Canal Júcar- Túria al Bco. de Picassent.



*Barranco de Picassent en el punto de muestreo 1. Izqda. Situación normal (08/06/2022).
Dcha. Situación con aportes de 400 l/s (05/07/2022).*

Y cuando el caudal dejó de fluir se observaron peces muertos en las pozas secas, lo cual muestra que la colonización por especies animales es muy rápida.



Peces muertos en el punto de muestreo 1 (29/09/2022).

Por su parte, la propuesta de creación de las zonas húmedas 1 y 2 y de la gran zona húmeda en el ámbito del Parque Natural aprovechando estos aportes de agua mejoraría la calidad ambiental de toda la zona, con un aumento de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, anfibios, peces, pequeños mamíferos y aves como se ha podido constatar claramente en la reserva del Tancat de la Pipa (MITERD, 2020).

7.6.- Derivación de caudal por la Acequia Real del Júcar.

El tramo final de la ARJ, entre Alcàsser y Albal, intercepta el Bco. del Realón al final de la zona de renaturalización que hemos definido como Zona 2. Cabría la posibilidad de que parte, o todo, el caudal de la EDAR pudiera ser incorporado a esta acequia y ser distribuido al PN de l'Albufera a partir de Albal. También cabría la posibilidad de estudiar las conexiones hidráulicas necesarias para que parte de este caudal llegara al Bco. del Poyo.

Esta opción de gestión permitiría:

- Evitar los aportes del agua de la EDAR al Bco. de Picassent.
- Distribuir el caudal de la EDAR a través de las acequias entre Albal y Catarroja-Bco. Poyo, mejorando la continuidad del flujo en ellas durante gran parte del año y no solo en épocas de riego del arrozal.



ARJ en su cruce con el Bco. del Realón.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El papel que puede jugar la renaturalización del Bco. de Picassent en la reducción de nutrientes, fundamentalmente fósforo, del efluente de la futura EDAR de Alcàsser es muy pequeño. Esto es debido a que se dispone de relativamente poca superficie para los 60000 m³/d que se podrían llegar a distribuir a través de ese corredor. La reducción de la concentración de PT a la entrada del Parque Natural sería del 10%, de 0,3 a 0,27 mg P/l. Únicamente si se pudieran acondicionar espacios similares al Tancat de la Pipa se podrían reducir las concentraciones un 50% aproximadamente.

En la hipótesis de que la concentración de PT en el efluente se situara alrededor de 0,2 mg P/l, algo bastante posible, conocidos los resultados de otras EDAR en funcionamiento con eliminación de fósforo, el caudal que podría ser aplicado a los barrancos cumpliendo los requisitos de fósforo estaría entre 6800 y 9000 m³/d.

No obstante, existen más motivos que justificarían la renaturalización de los barrancos combinándolo con una potenciación de la infiltración empleando el agua de la EDAR:

- Potencia el barranco como infraestructura verde-conector biológico, especialmente para especies tanto de vertebrados terrestres como de aves, entre el P.N. y el interior, ya que el parque natural tiene una conectividad ecológica muy limitada con su entorno.
- Favorece la presencia de cualquier tipo de fauna en un entorno actual bastante hostil, incrementando la biodiversidad actualmente bastante pobre.
- Incrementa el papel de esta zona en la fijación de CO₂ atmosférico en plantas y suelo.
- Mejora la calidad del agua superficial actual y sedimentos del Bco. de Picassent:
 - Equilibra las concentraciones de oxígeno disuelto: aumenta su concentración en el tramo del casco urbano de Beniparrell y la reduce en las zonas afectadas por la eutrofia.
 - Reduce las concentraciones de materia orgánica que se pueden acumular en el Bco. y facilita la asimilación de las posibles descargas de sistemas unitarios de colectores.
 - Reduce las concentraciones de nitratos en la zona final del barranco.
 - Favorece la presencia de macroinvertebrados y anfibios.
 - Reduce el impacto de las escorrentías urbanas que son vertidas directamente al barranco.
- Permite disponer de un caudal asegurado para la Perelloná de los campos de arroz en otoño.
- Permite disponer de recurso hídrico para el cultivo del arroz en épocas de sequía.
- Produce una recarga del acuífero:
 - Incrementará los recursos subterráneos, aumentando su garantía.
 - Reducirá la concentración de nitratos del acuífero.
- Favorece la itinerarios culturales y paisajísticos.

La solución que se plantea como recomendación en este estudio es la combinación de restauración de



los barrancos, la creación de los humedales de infiltración (Zonas 1 y 2) y la transformación de 50 ha de zona agrícola en humedal en el P.N. de l'Albufera. La creación de esta nueva zona húmeda en el P.N. tendrá un efecto colateral muy positivo sobre los actuales Tancats de Pipa, Milia y L'illa, puesto que reducirá la presión de la avifauna que se produce en ellos cuando son, junto con la reserva del Racó de l'Olla, los únicos espacios de hábitat lacustre del Parque en ciertas épocas del año.

Hay que hacer notar, por último que, si se opta por la mejora ambiental de estos espacios, debería asegurarse un caudal mínimo a lo largo del año para mantener su calidad ambiental.



Bibliografía

Agència Catalana de l'Aigua, 2016. Projecte per a les actuacions de millora de l'explotació de la bassa d'infiltració de Sant Vicenç dels Horts. Generalitat de Catalunya.

Citores, Íñigo, 2018. Modelación matemática del flujo de agua subterránea del acuífero de la Plana de Valencia Norte y Sur. Trabajo Final de Máster. Universitat Politècnica de València.

MITERD (2020). 10 años del Tancat de la Pipa, 2009-2019. NIPO: 645-19-001-9

Depósito Legal: V-1040-2020. <https://cpage.mpr.gob.es/producto/10-anos-del-tancat-de-la-pipa/>

Kadlec RH (2016). Large constructed wetlands for phosphorus control: a review. *Water* 2016, 8, 243; doi:10.3390/w8060243. Accesible en www.mdpi.com/journal/water.

Vymazal, J., 2012. Enhancing ecosystem services on the landscape with created, constructed and re-stored wetlands. *Ecological Engineering*, 37, 1-5.

ANEXO. DATOS CALIDAD DE AGUAS BARRANCOS.

| Punto 1 | DQO total (mg/L) | N total (mg N/L) | Amonio (mg N/L) | Nitritos (mg N/L) | Nitratos (mg N/L) | P Total (mg P/L) | Fosfatos (mg P/L) | SS (mg/L) | SSV (mg/L) | Turbidez (NTU) | Conductividad 25°C (µS/cm) | Salinidad (g/l) | Temperatura (°C) | pH | OD (mg O ₂ /L) | OD sat (mg O ₂ /L) | %OD sat | CT NMP/100 ml | E coli NMP/100 ml | |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|------|------------------------------|----------------------------------|---------|------------------|----------------------|--|
| Fecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08/06/2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/07/2022 | 7.6 | 5.60 | 0.160 | 0.029 | 4.8 | 0.126 | 0.090 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1044 | 0.3 | 21.4 | 7.43 | 6.69 | 8.8 | 75.8% | | | |
| 13/07/2022 | 12.7 | 8.00 | 0.053 | 0.026 | 7.2 | 0.220 | 0.112 | 12.2 | | 3.3 | 1073 | 0.3 | 22.2 | | 6.9 | 8.7 | 79.4% | | | |
| 06/09/2022 | 15 | 12.7 | 0.055 | 0.094 | 12.7 | 0.424 | 0.318 | 6.8 | 2.8 | 3.865 | 1260 | 0.4 | 26.1 | 7.61 | | | | 4839.2 | 4839.2 | |
| 13/10/2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Punto 2 | DQO total (mg/L) | N total (mg N/L) | Amonio (mg N/L) | Nitritos (mg N/L) | Nitratos (mg N/L) | P Total (mg P/L) | Fosfatos (mg P/L) | SS (mg/L) | SSV (mg/L) | Turbidez (NTU) | Conductividad 25°C (µS/cm) | Salinidad (g/l) | Temperatura (°C) | pH | OD (mg O ₂ /L) | OD sat (mg O ₂ /L) | %OD sat | CT NMP/100 ml | E coli NMP/100 ml | |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|------|------------------------------|----------------------------------|---------|------------------|----------------------|--|
| Fecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08/06/2022 | 39.5 | 1.45 | 0.009 | 0.051 | 0.2 | 0.988 | 0.72 | 15.6 | 6.4 | 13.0 | 1250 | 0.4 | 23.85 | 7.98 | 0.8 | 8.4 | 9.5% | | | |
| 05/07/2022 | 6.9 | 5.00 | 0.007 | 0.031 | 4.5 | 0.138 | 0.099 | 3.1 | 1.8 | 1.6 | 1065 | 0.3 | 21.9 | 7.21 | 7.21 | 8.7 | 82.4% | | | |
| 13/07/2022 | 9.6 | 4.40 | 0.089 | 0.019 | 3.2 | 0.12 | 0.088 | 4.6 | | 4.1 | 981 | 0.3 | 21.7 | | 9.2 | 8.8 | 104.8% | | | |
| 06/09/2022 | 113 | 5.5 | 0.66 | 0.032 | 0.3 | 2 | 1.1 | 77.5 | 43.1 | 41.5 | 1212 | 0.4 | 25.4 | 7.87 | | 8.2 | | 4839.2 | 689.6 | |
| 13/10/2022 | 30.2 | 5.6 | 3.04 | 0.398 | 0.8 | 0.649 | 0.605 | 6 | 0.2 | 2.89 | 1111 | 0.3 | 18.8 | 6.99 | 1.87 | 9.3 | 20.1% | 24196 | 583 | |

| Punto 3 | DQO total (mg/L) | N total (mg N/L) | Amonio (mg N/L) | Nitritos (mg N/L) | Nitratos (mg N/L) | P Total (mg P/L) | Fosfatos (mg P/L) | SS (mg/L) | SSV (mg/L) | Turbidez (NTU) | Conductividad 25°C (µS/cm) | Salinidad (g/l) | Temperatura (°C) | pH | OD (mg O ₂ /L) | OD sat (mg O ₂ /L) | %OD sat | CT NMP/100 ml | E coli NMP/100 ml | |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|------|------------------------------|----------------------------------|---------|------------------|----------------------|--|
| Fecha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08/06/2022 | 6.2 | 66.50 | 0.176 | 0.164 | 64 | 0.052 | 0.03 | 4.6 | 1.0 | 1.5 | 2000 | 0.9 | 23.05 | 8.21 | 15.34 | 8.5 | 179.9% | | | |
| 05/07/2022 | 10.6 | 11.30 | 0.023 | 0.042 | 10.9 | 0.169 | 0.093 | 10.2 | 3.3 | 10.7 | 1156 | 0.4 | 22.1 | 7.3 | 5.49 | 8.7 | 63.1% | | | |
| 13/07/2022 | 5.3 | 5.10 | 0.023 | 0.025 | 4.5 | 0.14 | 0.087 | 3.7 | 0.0 | 2.6 | 1008 | 0.3 | 21.1 | | 8.1 | 8.9 | 91.2% | | | |
| 06/09/2022 | 5.5 | 65.5 | 0.05 | 0.12 | 63.5 | 0.155 | 0.048 | 4.6 | 1.3 | 2.6 | 2040 | 0.9 | 22.1 | 7.19 | | 8.7 | | 4839.2 | 235.6 | |
| 13/10/2022 | 12.4 | 67.5 | 0.3 | 0.324 | 66 | 0.083 | 0.061 | 7 | | 1.9 | 2040 | 0.9 | 19.1 | 7.11 | 6.16 | 9.2 | 67% | 4839.2 | 1454 | |