LIFE12 ENV/ES/000685

Informe de primer año de resultados de gestión de la hidráulica
ACCION B1

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente

ACCIÓ ECOLOGISTA AGRÓ

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

60 AÑOS SEO BirdLife

acuaMed Aguas de las Cuencas Mediterráneas

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivos de la acción B1 en el año 2014 1
1.2. Grado de consecución de la acción B1 1

2. MATERIALES Y MÉTODOS 2
2.1. Aforo con minimolinete 2
2.2. Aforo con vertedero en pared delgada 2
2.3. Registro de datos de bombeo 3
2.4. Curva de gasto 3
2.5. Monitorización en continuo 3
2.6. Precipitación y evapotranspiración 4

3. TANCAT DE LA PIPA 5
3.1. Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo 5
3.1.1. Monitorización puntual 6
3.1.2. Monitorización en continuo 6
3.2. Gráficos 8
3.2.1 Caudales objetivo definidos en Estrategia de gestión y caudales aforados 8
3.2.2 Volúmenes tratados en los sectores y subsectores monitorizados 13
3.2.3 Curvas de gasto 16
3.3. Tiempos de retención hidráulica 17
3.4. Incidencias 18
3.5. Propuesta de mejoras 20

4. TANCAT DE MILIA 21
4.1. Esquema del funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo 21
4.2. Análisis del bombeo 24
4.3. Gráficos 25
4.3.1 Caudales objetivo definidos en Estrategia de gestión y caudales aforados 25
4.3.2 Volúmenes tratados en los sectores monitorizados 29
4.3.3 Curvas de gasto 33
4.4. Tiempos de retención hidráulica 35
4.5. Propuesta de mejoras 39

5. TANCAT DE L'ILLA 40
5.1. Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo 40
5.1.1 Monitorización puntual 43
5.1.2 Situaciones de funcionamiento extraordinario 44
5.2. Gráficos 45
5.2.1. Caudales objetivo definidos en Estrategia de Gestión y caudales aforados 45
5.2.2. Volúmenes tratados en los sectores monitorizados 50
5.3. Incidencias 52
5.4. Propuesta de mejoras 53

6. CONCLUSIONES 54

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos de la acción B1 en el año 2014

Las tareas de monitorización de la acción B1, durante el año 2014, tienen como objetivo asegurar que los caudales circulantes por los sectores monitorizados son los fijados en el documento *"Definición de la Estrategia de gestión de los tres humedales artificiales"*, en adelante DEG. Para ello, se monitorizan 8 puntos representativos en cada uno de los humedales, incluyendo entradas y salidas globales. La monitorización se realiza una vez cada tres semanas, coincidiendo con el muestreo de calidad de la acción C1.

Los datos obtenidos se emplean para calcular los volúmenes tratados por cada uno de los sectores entre periodos de muestreo. Además, también se controlan los niveles de agua en cada sector, para estimar los tiempos de retención hidráulica (TRH) de los mismos. De manera adicional, también se ha llevado a cabo la monitorización en continuo de varios sectores del Tancat de la Pipa y del Tancat de Milia, con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre su funcionamiento hidráulico y mejorar la estimación de los TRH.

1.2. Grado de consecución de la acción B1

Las tareas de monitorización a desarrollar en la acción B1 están completadas prácticamente al 50% en todos los humedales artificiales. En el Tancat de Milia se modificaron algunas de las fechas programadas. Aunque no coinciden exactamente con los muestreos de la acción C1, se realizaron en días en los que el funcionamiento del humedal era más representativo de la situación habitual. En el Tancat de l'Illa, por diversos motivos que se exponen en el epígrafe correspondiente, quedan pendientes dos campañas de monitorización que se recuperarán a lo largo del año 2015, aunque se llevó a cabo una campaña de medición de niveles en situación de vaciado de la laguna que no estaba contemplada inicialmente.

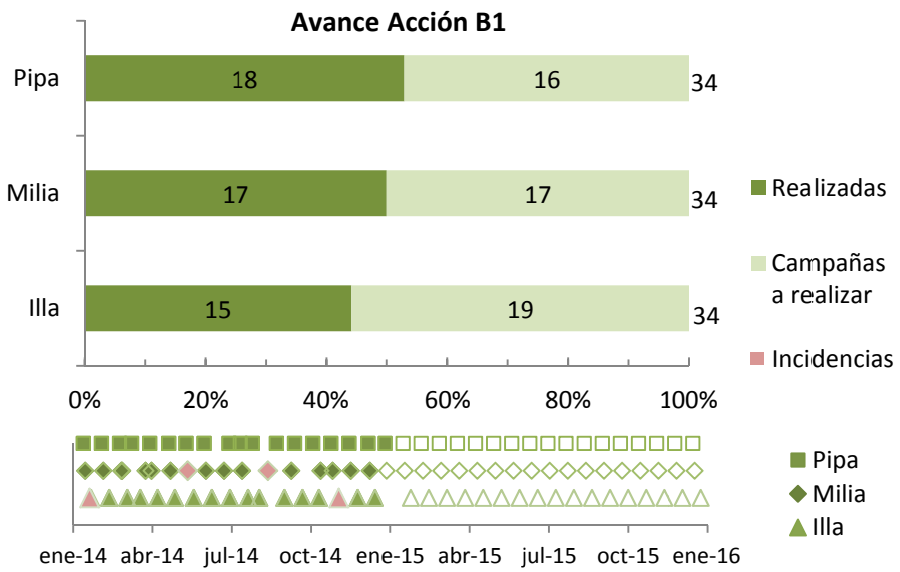

Figura 1.1. Diagrama de grado de avance de la acción B1

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El método empleado para aforar el caudal varía en función del tipo de punto monitorizado. A continuación se describen todos los materiales y métodos empleados en estos humedales.

2.1. Aforo con minimolinete

La mayoría de los puntos monitorizados tienen una sección de aforo rectangular o circular, en la que es posible estimar el caudal a partir de los valores de calado y velocidad.

La medición de la velocidad, ya sea en un flujo en lámina libre o en un flujo en presión, se realiza con un minimolinete que dispone de diferentes hélices taradas, cada una de ellas con una ecuación que relaciona su número de vueltas por segundo con la velocidad del flujo. En los casos de tubos en los que el calado era insuficiente para la correcta colocación del minimolinete, se ha medido el caudal cronometrando el tiempo de llenado de un recipiente aforado, siempre que el desagüe del mismo fuera libre.

Figura 2.1. Minimolinete con hélices taradas (izquierda) y en posición previa a la inmersión (derecha)

2.2. Aforo con vertedero en pared delgada

En el Tancat de la Pipa, la entrada se realiza por gravedad a través de dos vertederos triangulares en pared delgada. Con los datos de calado sobre el vértice del vertedero, se calcula el caudal de entrada en el humedal.

Figura 2.2. Arquetas de entrada al Tancat de la Pipa. Vertederos en pared delgada para el aforo de caudales

En el Tancat de Milia, muchos de los puntos disponen de tableros aguas arriba de la sección de aforo a través de los cuales pasa el flujo, actuando como vertederos rectangulares en pared delgada. En los casos en los que el vertido es libre, se han calibrado las ecuaciones propias de estos vertederos para poder aforar el caudal a partir del calado sobre el vertedero. La calibración se realiza a partir de los caudales aforados con minimolinete en el tubo situado inmediatamente aguas abajo de los tablones.

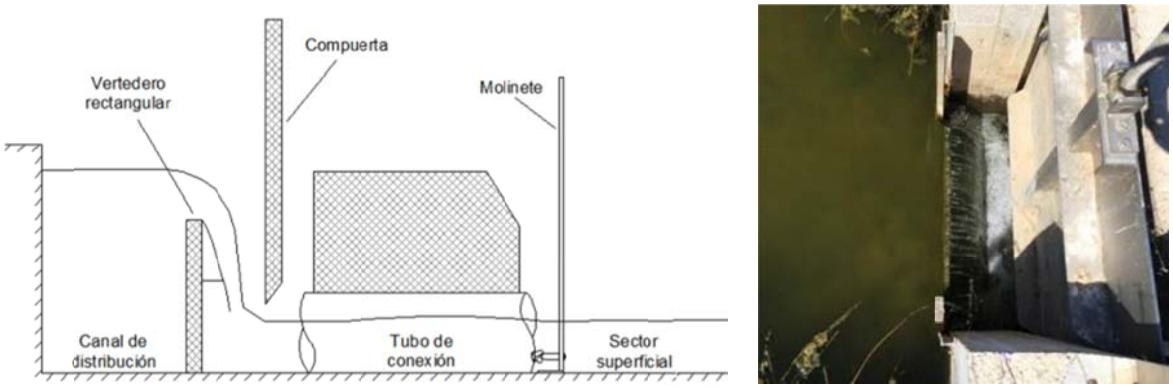

Figura 2.3. Esquema de conexiones en el Tancat de Milia y fotografía de flujo a través del vertedero, aguas arriba de la compuerta y tubo de conexión

2.3. Registro de datos de bombeo

La entrada al Tancat de Milia e Illa y la salida del Tancat de Pipa y Milia se realizan por bombeo. Estos equipos disponen de un sistema para estimar los volúmenes bombeados (caudalímetros, registro de horas bombeadas o consumo energético, etc.). Los encargados del mantenimiento de los humedales registran estos datos periódicamente, para después calcular volúmenes acumulados entre periodos de muestreo.

2.4. Curva de gasto

En diversos puntos monitorizados se han ajustado curvas de gasto (relación entre calado y caudal en una sección de aforo). El objetivo principal de estas curvas es dotar a los encargados del mantenimiento del humedal de una herramienta para estimar, de manera rápida y sencilla, los caudales circulantes entre periodos de monitorización. Así pueden realizar los ajustes oportunos en caso de que existan diferencias importantes respecto a los caudales definidos en la estrategia de gestión.

2.5. Monitorización en continuo

De manera adicional a los muestreos puntuales, se lleva a cabo la instalación de sondas de nivel y equipos de ultrasonidos en puntos del Tancat de la Pipa y de Milia. La finalidad de estos equipos es distinta en cada uno de los humedales, y se comenta con mayor detalle en los epígrafes correspondientes. En ambos casos, se registran las distintas variables cada 30 minutos, y la descarga de datos se realiza cada tres semanas.

2.6. Precipitación y evapotranspiración

Para poder realizar correctamente balances hídricos en los humedales es necesario contar con todas las entradas y salidas, incluyendo precipitación y evapotranspiración. Estos datos se obtienen diariamente de la estación meteorológica del IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) en Picassent.

De las variables proporcionadas por la estación meteorológica, las empleadas en el balance de entradas y salidas son precipitación diaria (P), en mm, y evapotranspiración potencial (ETo), también en mm. Ambas variables tienen un intervalo temporal de acumulación diario.

El volumen precipitado sobre cada celda de los humedales se calcula multiplicando la P en mm por la superficie de la celda en cuestión. La ETo se ha multiplicado previamente por un coeficiente de cultivo (Kc) correspondiente a la enea, y que varía según la época del año, para obtener la evapotranspiración real en las celdas del humedal. Para obtener volúmenes, se multiplica también por la superficie de cada celda.

En el análisis de datos del primer año no se ha tenido en cuenta qué porcentaje de cada celda se encuentra efectivamente cubierto por vegetación, y que porcentaje no. Esto sería necesario para poder definir en qué zonas se tiene en cuenta evapotranspiración, y en qué zonas evaporación. Sin embargo, dados los pequeños porcentajes que suponen estas entradas y salidas en relación con los caudales entrantes desde la Albufera, y teniendo en cuenta que existen otras fuentes de mayor incertidumbre, la metodología empleada para la obtención de volúmenes de P y ET se considera suficiente para los balances hídricos que aquí se presentan.

3. TANCAT DE LA PIPA

3.1. Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo

En el Tancat de la Pipa, situado en la orilla Norte del lago de la Albufera, la entrada se realiza por gravedad desde el barranco del Poyo (BP) y la acequia del puerto de Catarroja (PC).

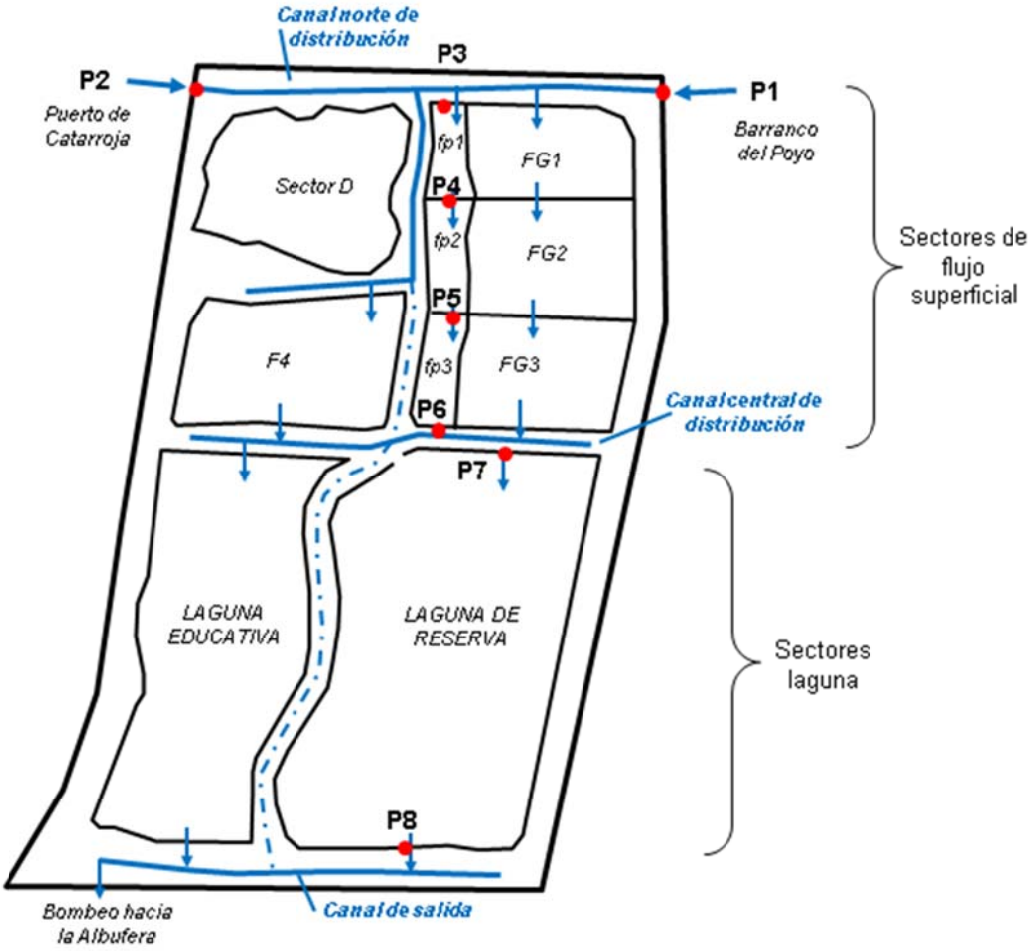

Figura 3.1. Tancat de la Pipa. Esquema de flujos y puntos de muestreo

Como se observa en el esquema de la Figura 3.1, el caudal entrante se reparte, a través de un canal de distribución, entre tres sectores: F4, fp y FG. Cada uno de éstos está dividido a su vez en tres subsectores, a través de los cuales el flujo es superficial, y cuya salida se realiza a un segundo canal que distribuye el agua entre dos sectores tipo laguna, la laguna educativa y la de reserva. En la actualidad, el sector D (Ullal) se encuentra seco.

Desde las lagunas, el volumen tratado por el sistema acaba en un último canal desde el que el agua se bombea de nuevo a la Albufera. El régimen de bombeo no es constante, ya que las bombas se ponen en funcionamiento cuando se alcanza un cierto nivel en el canal de salida.

Existe un canal central que comunica los tres canales de distribución, y que es posible aislar por tramos gracias a varias compuertas. En situación normal no existe flujo en este canal (está cerrado aguas abajo de la entrada al sector F4).

3.1.1. Monitorización puntual

Las tareas de monitorización de la acción B1 en el Tancat de la Pipa durante el año 2014 se centran en los sectores fp y laguna de reserva. Se aforan caudales de manera periódica (cada tres semanas) en 8 puntos representativos, que son los siguientes:

- Entrada al Tancat de la Pipa: puntos P1 (BP) y P2 (PC)
- Sector fp: puntos P3 (entrada), P4 (intermedio fp1 y fp2), P5 (intermedio fp2 y fp3) y P6 (salida).
- Laguna de reserva: puntos P7 (entrada) y P8 (salida)

Los puntos P1 y P2 se aforan con vertedero triangular en pared delgada. De éstos, además de la medición que se realiza durante los días programados de muestreo, se dispone de una serie más o menos continua de mediciones diarias llevadas a cabo por el personal encargado del mantenimiento del humedal.

En los puntos P3 a P8 las conexiones entre sectores son secciones rectangulares o circulares en las que existe flujo en lámina libre. El aforo de caudal se realiza a partir del calado y de la velocidad medida con minimolinete

Figura 3.2. Secciones de aforo circulares y rectangulares en diversos puntos del humedal

La salida total del sistema se evalúa a partir de las horas de funcionamiento de las bombas registrada por los encargados del mantenimiento del humedal.

3.1.2. Monitorización en continuo

Como se ha indicado, la entrada al Tancat de la Pipa se realiza por gravedad, por lo que el valor del caudal entrante al sistema depende del nivel en la Albufera. Este nivel puede variar en el periodo comprendido entre muestreos, por lo que disponer de mediciones en continuo de los caudales circulantes en el Tancat de la Pipa es muy interesante para la gestión de la hidráulica.

Así, de manera adicional a los muestreos puntuales, se lleva a cabo a partir de marzo de 2014 la instalación de sondas de nivel y equipos de ultrasonidos en los puntos monitorizados del sector fp. Estos se han dispuesto de la siguiente manera:

- **P3**. Caudalímetro de ultrasonidos en tubo de entrada (marzo-14 hasta actualidad).
- **P4**. Caudalímetro de ultrasonidos en tubo instalado aguas arriba de la sección existente (marzo-14 hasta junio-14). Sonda de nivel aguas arriba de vertedero rectangular (marzo-14 hasta actualidad).
- **P5**. Sonda de nivel en sección rectangular (marzo-14 hasta actualidad).
- **P6**. Sonda de nivel aguas en sección rectangular (marzo-14 hasta junio-14). Caudalímetro de ultrasonidos en tubo de salida izquierdo (marzo-14 hasta junio-14). Caudalímetro de ultrasonidos en tubo de salida derecho (marzo-14 hasta actualidad)

Figura 3.3. Caudalímetro y sonda de nivel instalados en distintos puntos de fp

Para la obtención de los caudales circulantes en P4 y P5 a partir de las mediciones de la sonda de nivel se ha estimado una curva de gasto (relación entre calado y caudal) para cada uno de estos puntos a partir de las mediciones realizadas con minimolinete. El caudalímetro de P4 se retiró a principios de junio, puesto que las modificaciones que se realizaron en este punto de conexión entre sectores para el correcto funcionamiento del equipo, estaban provocando una acumulación excesiva de sedimentos aguas arriba del mismo.

Por otra parte, la relación de caudal circulante por los dos tubos de salida de P6 se mantiene más o menos constante, por lo que es suficiente mantener el caudalímetro en un solo tubo.

La monitorización en continuo del sector fp ha permitido también observar las diferencias temporales en la respuesta de cada uno de los puntos frente a variaciones bruscas de caudales de entrada, producidas por distintas causas, en el periodo analizado. Estas diferencias temporales mejoran la estimación de los tiempos de retención hidráulica en el humedal, uno de los parámetros hidráulicos determinantes en el funcionamiento de este tipo de sistemas.

Además, este registro continuo se empleará en el futuro para calibrar un modelo que simule el flujo en humedales artificiales, que pueda tener en cuenta también otros factores como el aporte de agua por precipitación o la acción del viento sobre la lámina de agua.

3.2. Gráficos

3.2.1 Caudales objetivo definidos en *Estrategia de gestión* y caudales aforados

Para mantener las cargas hidráulicas definidas en el DEG, el caudal medio diario de entrada al Tancat de la Pipa ha de ser de 61.9 l/s, de los que han de entrar al sector fp unos 10.1 l/s. El resto se distribuye entre los sectores FG y F4. La entrada al sector F4 puede regularse mediante una compuerta situada en el canal de distribución, aguas arriba del sector fp desde el PC.

En cuanto a la laguna de reserva, en principio circula por la misma el agua que sale de los sectores fp y FG, aunque en la práctica ha sido complicado controlar qué parte del caudal saliente de fp ingresaba en esta laguna, y qué parte se dirigía hacia la laguna educativa. Además, el secado del sector FG y las fugas de caudal hacia el canal existente entre las dos lagunas han provocado el descenso considerable de caudales tratados en la laguna desde finales de agosto, como se comenta en el gráfico correspondiente.

En la Figura 3.4 se representan el caudal de entrada aforado durante 17 campañas de monitorización del año 2014 (marcadores cuadrados), junto con las mediciones más frecuentes llevadas a cabo por el personal del Tancat de la Pipa (rombos). Comparando con el caudal objetivo, las entradas han sido superiores durante los primeros meses del año, disminuyendo a partir de abril debido a las tareas de secado de la laguna de reserva. Después vuelve a mantenerse un caudal próximo al objetivo hasta finales de agosto. En este momento, empezaron las tareas de plantación del sector FG, durante las cuales se ha de mantener este sector prácticamente seco, por lo que las entradas al humedal se redujeron significativamente.

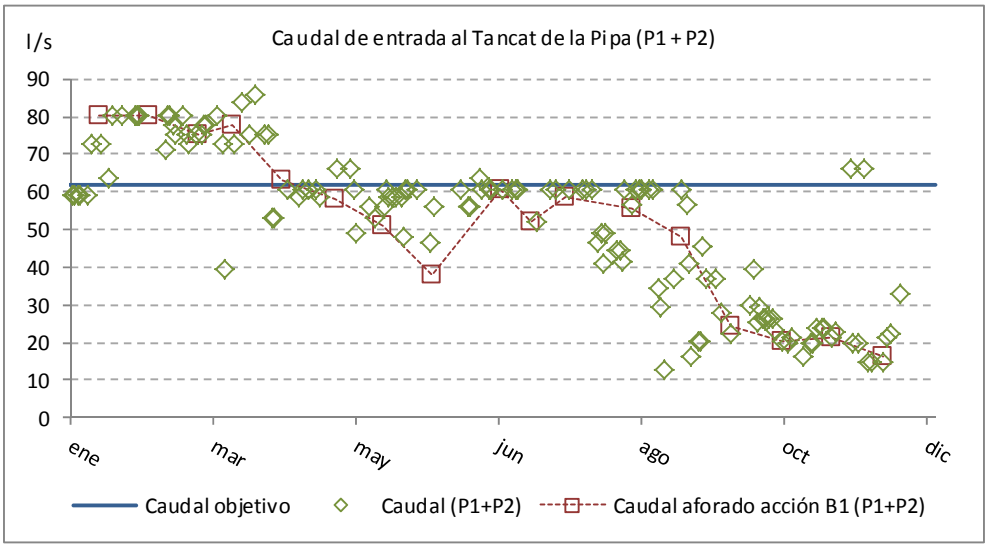

Figura 3.4. Caudal de entrada al Tancat de la Pipa desde BP (P1) y PC (P2)

El nivel de la Albufera se mide con frecuencia, ya que la entrada al humedal es por gravedad y éste nivel influye significativamente en el caudal de entrada. Para poder regular este caudal, se maniobran las compuertas situadas en BP y PC en función de las necesidades hídricas del Tancat (teniendo en cuenta qué sectores están inundados y cuáles están secándose, si ha llovido anteriormente y cuál es el nivel de la Albufera). En la Figura 3.5 se puede comprobar cómo el calado en dos puntos interiores del humedal (la entrada a fp y la entrada a la laguna de reserva) no siguen la misma tendencia que el nivel en la Albufera. En especial, se observa claramente como los niveles se mantienen prácticamente constantes durante los meses de octubre y noviembre, en los que el nivel en la Albufera es muy bajo. Los valores representados en esta gráfica no están tomados sobre la misma referencia. El nivel en la Albufera se mide sobre una regla colocada en el exterior del Tancat de la Pipa, mientras que los valores de calado están medidos sobre la solera de hormigón de las correspondientes secciones de aforo en P3 y P7.

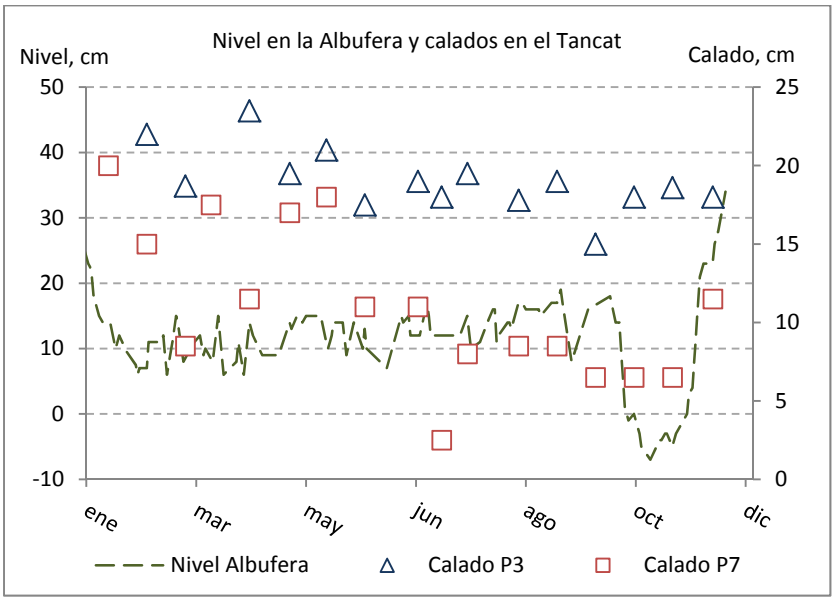

Figura 3.5. Variación del nivel de la Albufera a lo largo del año, y del calado en puntos interiores del Tancat de la Pipa

Con una regulación adecuada de ambas compuertas, se consigue que circule por el sector fp el caudal que corresponde según la estrategia de gestión, como se puede observar en la Figura 3.6.

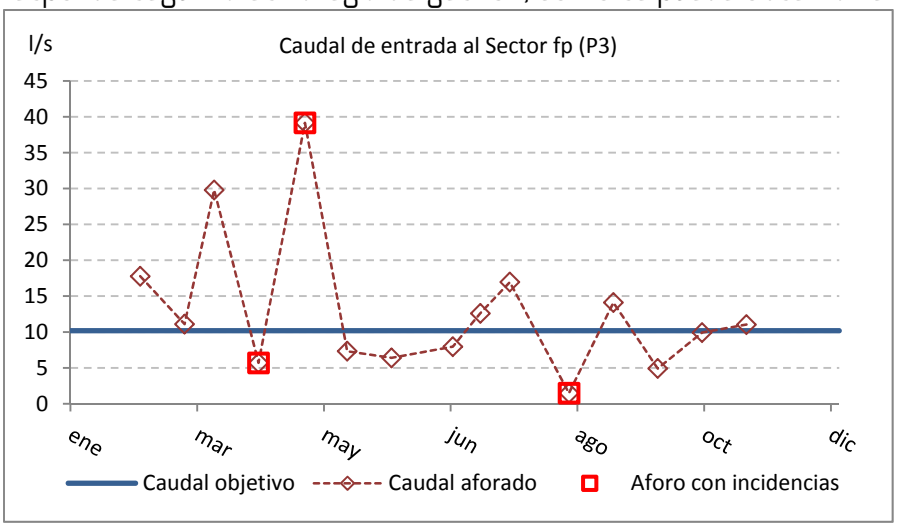

Figura 3.6. Caudal de entrada al sector fp (P3)

Los valores de caudal en el sector fp se han mantenido en torno al valor objetivo de 10.1 l/s durante todo el año. En el gráfico existen 3 puntos que no se consideran representativos por diferentes motivos (aforos con incidencias). En las dos primeras ocasiones (abril y mayo), correspondientes a la cuarta y quinta monitorización, se detectaron obstrucciones en distintos puntos del sector fp debido a los equipos de monitorización continua, pero estos fueron solucionados mediante cambios en la colocación de los sensores y con un mantenimiento periódico por parte del personal del Tancat. El tercer punto anómalo (agosto) se corresponde con el inicio de las operaciones llevadas a cabo para el secado del sector FG previo a la plantación; durante la monitorización se observó cómo, en lugar de llenarse, el sector fp se estaba vaciando por el punto P3 debido al bajo nivel en el canal de distribución aguas arriba. Para evitarlo, se sellaron la mayoría de las entradas de FG y se reguló el caudal de entrada por el barranco del Poyo para mantener el caudal objetivo en fp.

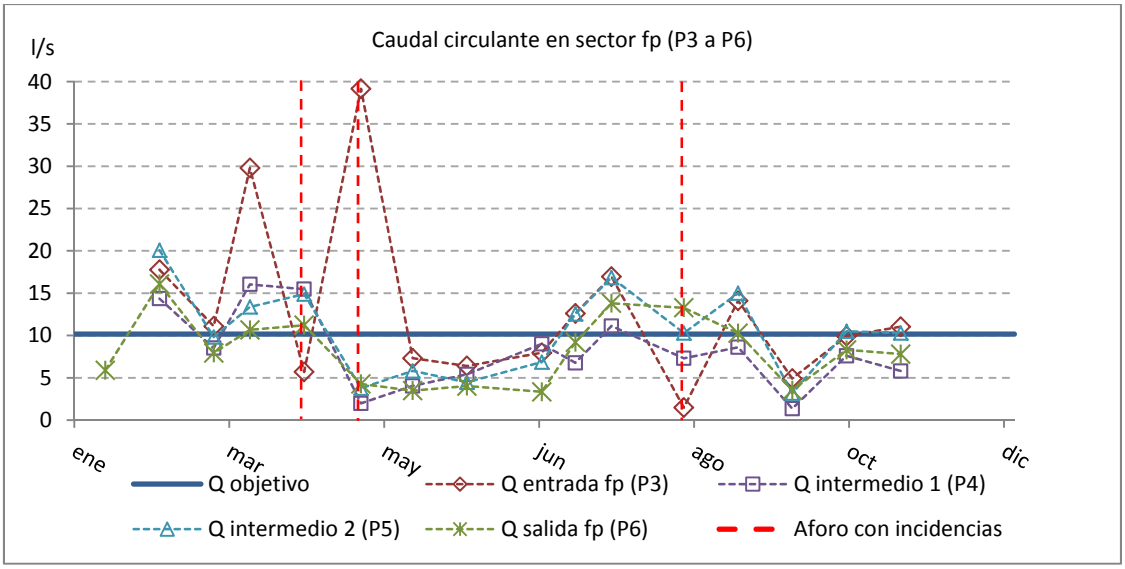

Figura 3.7. Caudales circulantes en el sector fp (puntos P3, P4, P5 y P6)

En la gráfica de la Figura 3.7 se presentan conjuntamente los caudales medidos en todos los puntos del sector fp. En la Figura 3.8 se reproduce un detalle de la misma dentro del rango habitual de caudales para facilitar su visualización, eliminando valores anómalos.

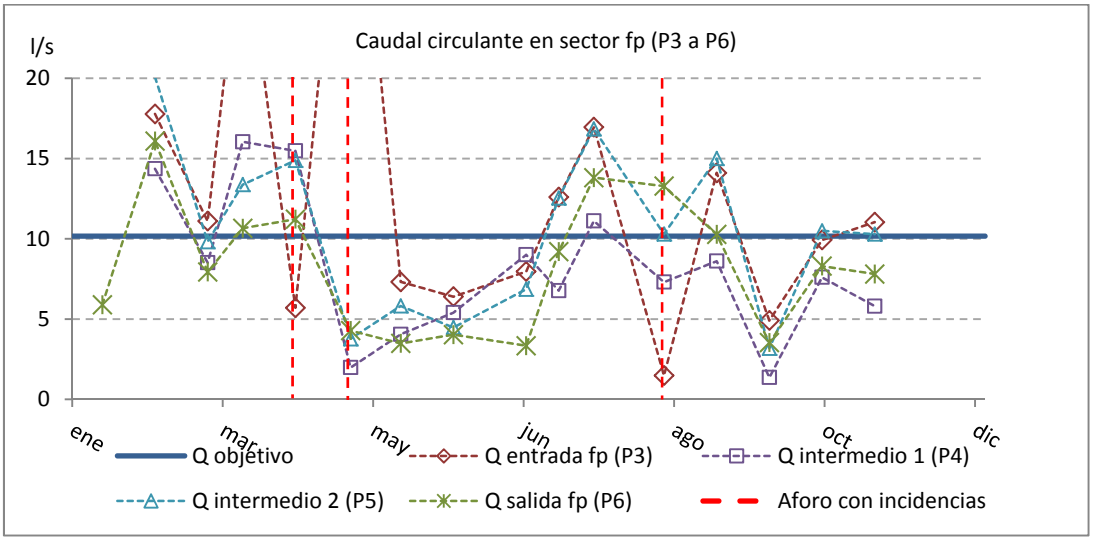

Figura 3.8. Caudales circulantes en el sector fp (puntos P3, P4, P5 y P6). Detalle del rango de valores normales de funcionamiento.

Estos puntos siguen la tendencia observada en las gráficas anteriores, con una bajada durante los meses previos al verano y durante el secado de FG, que ha ido corrigiéndose con la apertura de compuertas.

En la Figura 3.9 se representan únicamente los valores de los puntos de entrada y salida de fp (eliminando los aforos no representativos). En ella se aprecian valores de salida ligeramente menores que los de entrada, lo que puede deberse a pérdidas por evaporación, pero también al

hecho de estar midiendo en la misma hora del día (y existir un desfase en las pequeñas variaciones de nivel que se observan a lo largo del día).

Estas variaciones, que se constatan con los datos registrados por los equipos de monitorización continua, pueden ser causadas por pequeñas variaciones en el nivel de la Albufera y por alteraciones de la lámina libre debidas al viento. En cualquier caso, no se consideran significativas a la hora de obtener valores medios.

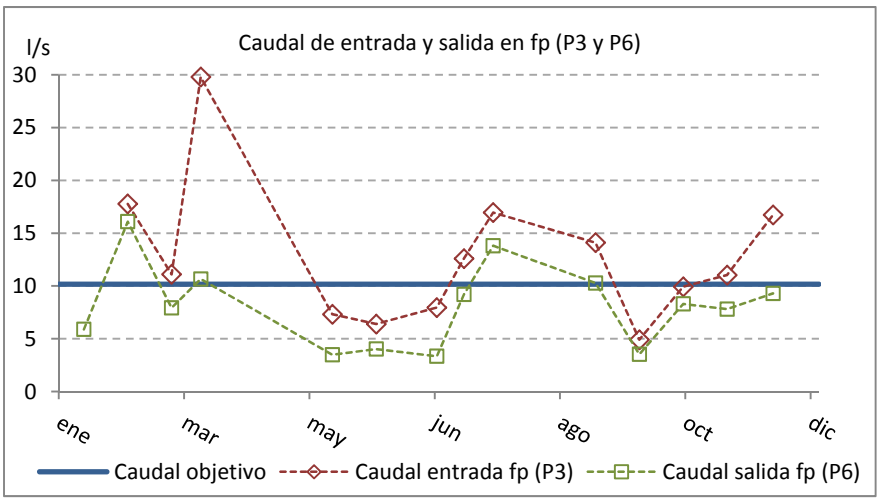

Figura 3.9. Caudales de entrada y salida en el sector fp (P3 y P6)

Por último, se muestran en la Figura 3.10 los caudales de entrada y salida de la laguna de reserva. Los puntos marcados en rojo correspondientes a la entrada a la laguna se corresponden con aquellos en los que la medición no ha sido posible, al no existir un calado suficiente en los tubos para la correcta colocación del minimolinete. En el caso de la salida a la laguna, se marcan en rojo los correspondientes a las primeras mediciones, ya que se detectó a partir de la cuarta monitorización un tubo auxiliar de vaciado que no estaba correctamente sellado, y por donde salía la mayor parte del agua de la laguna, al encontrarse la compuerta de la salida principal parcialmente cerrada.

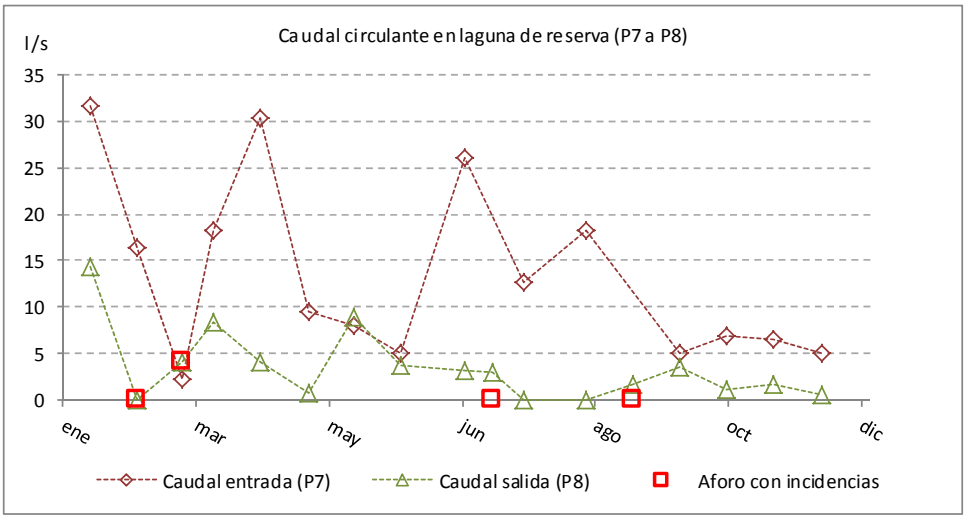

Figura 3.10. Caudales de entrada y salida en la laguna de reserva (P7 y P8)

En cualquier caso, y como se observa en la Figura 3.11, los caudales de entrada a la laguna han sufrido modificaciones importantes a lo largo del año, que han intentado corregirse maniobrando las compuertas localizadas entre los sectores de flujo superficial (F4, fp y FG) y los sectores laguna (marjal de reserva y marjal educativa). A pesar de ello, desde el cierre de FG en el mes de agosto, la entrada a la laguna se reduce drásticamente, como también lo hace su salida.

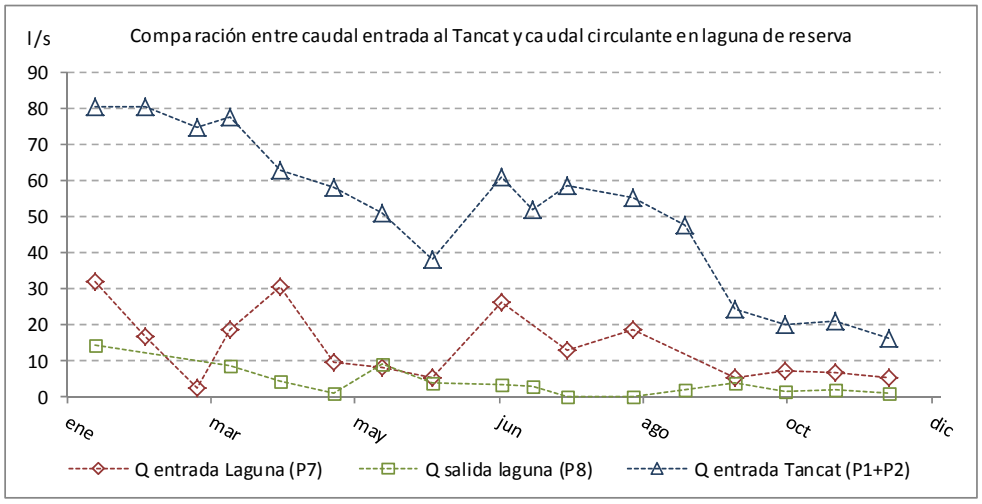

Figura 3.11. Comparación entre los caudales de entrada al humedal artificial por los puntos P1 y P2 y los caudales tratados por la laguna de reserva a lo largo de 2014.

El caudal de salida de la laguna de reserva es significativamente menor, en general, que sus entradas. Esto no se debe al nivel en el canal de descarga de las lagunas, que está muy por debajo de los tubos de salida. Además, los resultados de los análisis de calidad en el punto P8 confirman que el agua no está renovándose como debiera dentro de la laguna, lo que apoya la hipótesis de que puede estar filtrándose hacia el canal existente entre las dos lagunas. El hecho de que los niveles en este canal estén más bajos (bajaron tanto durante el secado de la laguna educativa como durante el secado de FG), podría estar facilitando este flujo subsuperficial desde la laguna a través de la mota que los separa. Para comprobarlo, queda pendiente el análisis de muestras de agua tanto aguas arriba como aguas abajo de este canal, para detectar posibles diferencias en un canal donde en teoría no existe prácticamente flujo de agua.

3.2.2 Volúmenes tratados en los sectores y subsectores monitorizados

Con los datos de caudales aforados se presentan a continuación los volúmenes tratados en el Tancat de la Pipa durante el año 2014.

En los gráficos de la Figura 3.12 se observa como los caudales de entrada se mantienen mucho más constantes que los de salida, en los que hay periodos de bombeo de volúmenes importantes, y otros en los que no existe salida hacia la Albufera.

En términos netos, se ha bombeado más agua a la Albufera de la que ha entrado por gravedad durante el año 2014. Esto es coherente con las dos operaciones de vaciado de sectores (laguna educativa y sector FG) que se han llevado a cabo en el 2014, con un volumen total de unos

55,000 m^3. En la gráfica siguiente se observa un pico de bombeo de salida importante a principios de mayo (vaciado de laguna educativa) y otro en agosto (secado de FG), seguido de un descenso de bombeos hacia finales de años, ya que entra menos agua en el humedal.

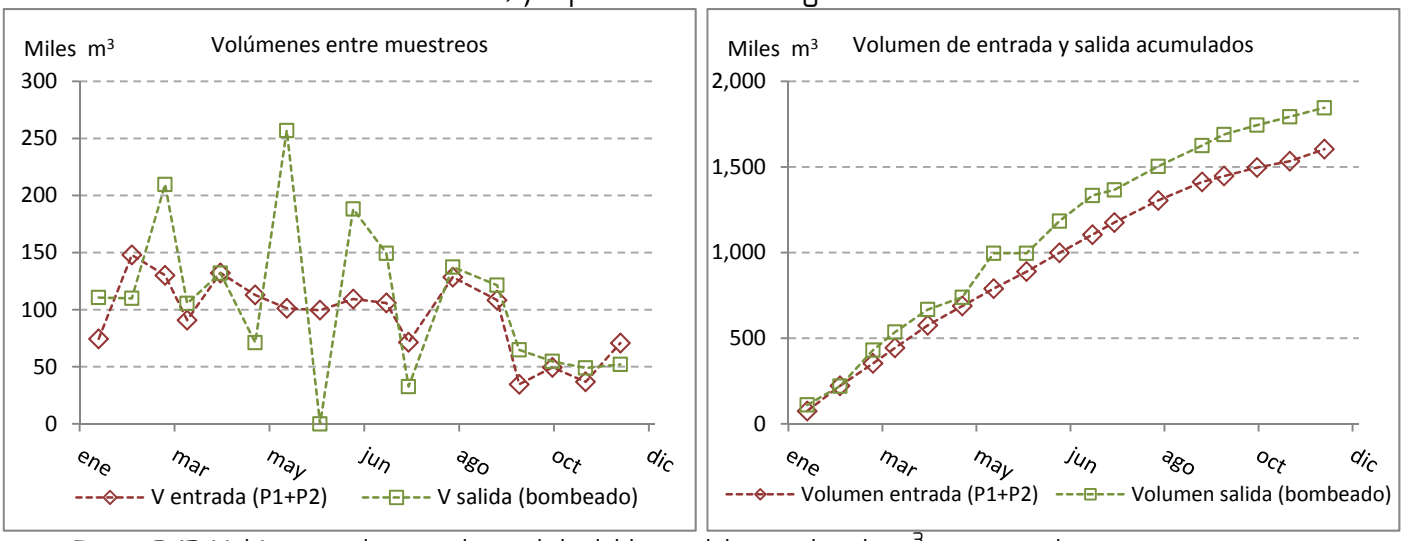

Figura 3.12. Volúmenes de entrada y salida del humedal, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En cuanto a los valores tratados en los sectores monitorizados, en el sector fp entra en torno al 22% del volumen total de entrada cuando FG y F4 están abiertos. Este valor se mantiene relativamente constante si se analiza por periodos entre muestreos, y aumenta hasta el 50 % a partir de septiembre, cuando FG está cerrado.

Los volúmenes que se presentan en las gráficas de la Figura 3.13 se han calculado tomando como caudal medio entre periodos de muestreo el promedio de los aforados al inicio y fin del periodo, eliminando los valores anómalos. Los valores numéricos de algunas de estas gráficas se pueden consultar en el Apéndice de este documento.

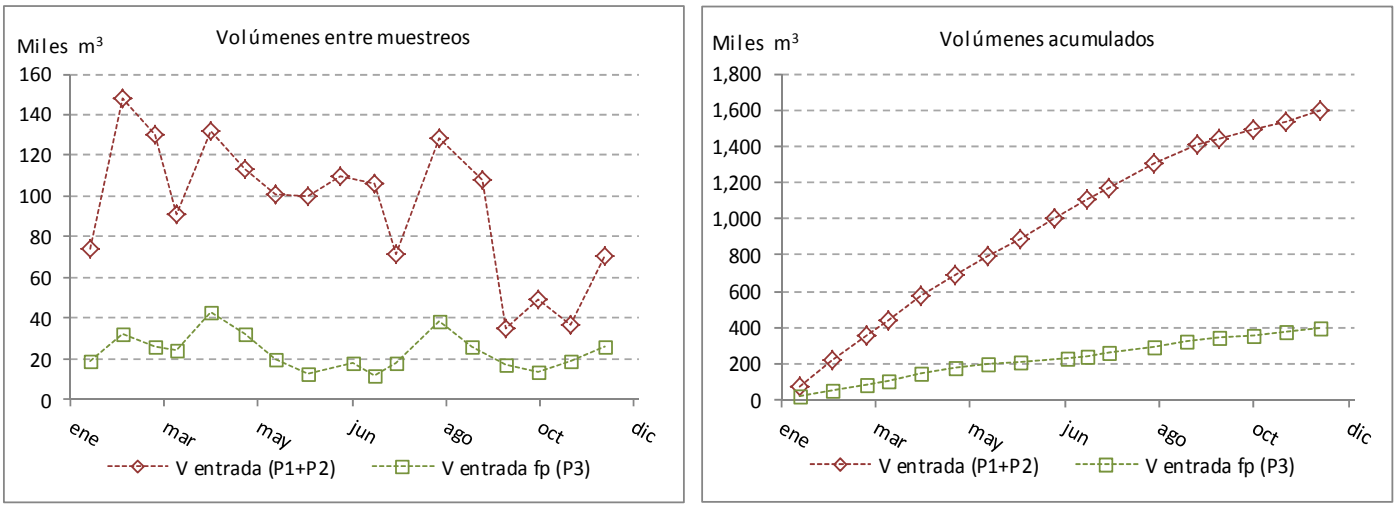

Figura 3.13. Volúmenes de entrada al humedal y al sector fp, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En cuanto al balance interno del sector fp, la diferencia entre las entradas y salidas es aproximadamente del 65%. La diferencia entre entradas por precipitación y salidas por evapotranspiración explicarían un 2% de esa diferencia.

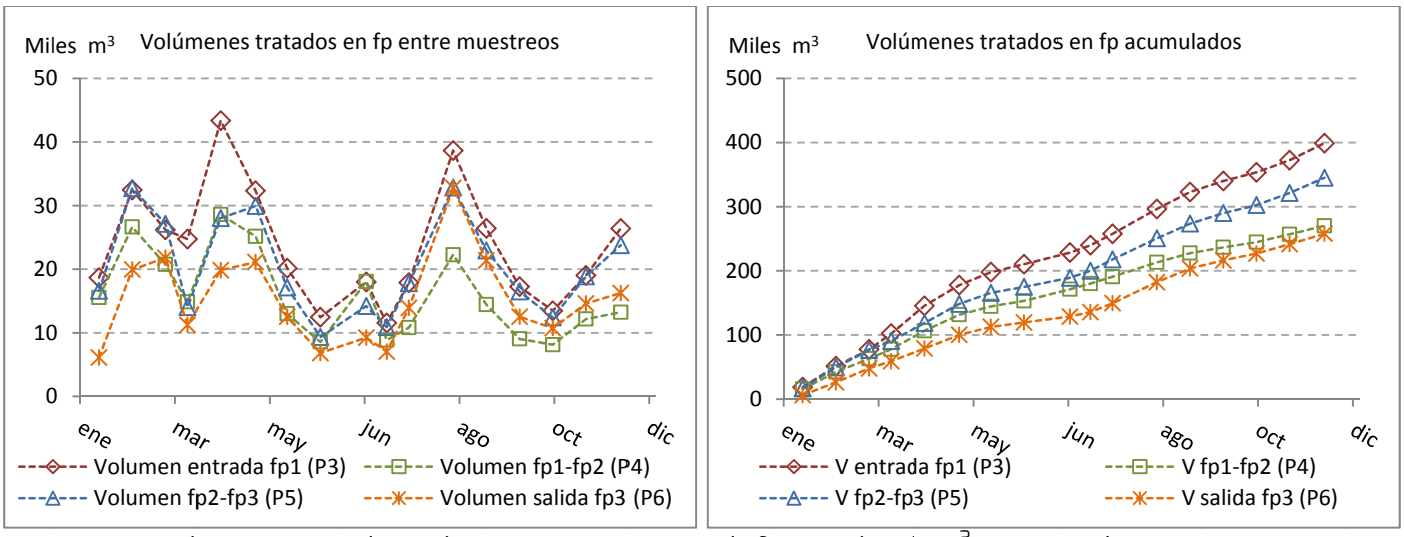

Figura 3.14. Volúmenes tratados en los sectores interiores de fp, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En el gráfico de la Figura 3.14 se aprecia como por el punto P4 pasa sistemáticamente menos caudal que por el punto P5 (situado aguas abajo). En este punto (P4), conexión entre fp1 y fp2, existe un tablero en la sección rectangular que hace las veces de vertedero, sobre el que se realiza la medición de caudal, pero se aprecia a simple vista como parte del caudal se filtra por los laterales del tablón. Además, a partir de verano se ha ido debilitando una de las motas que separa los sectores en las proximidades al punto de medición, por donde también está pasando caudal.

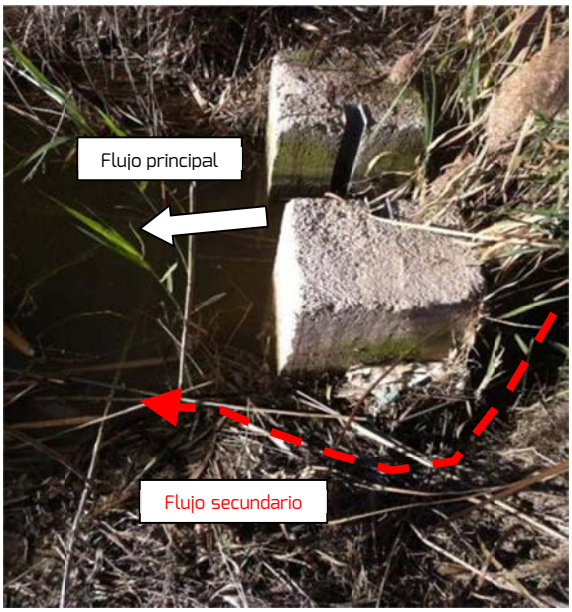

Figura 3.15. Deterioro de la mota por margen izquierda en el punto P4 de fp

En cualquier caso, llama la atención que la diferencia entre el volumen que pasa por P5 y el que pasa por P3 sea del 87%, y que en sólo una celda (fp3), se pierda otro 22%. Es posible que exista alguna fuga a la salida del fp3 y que por los tubos de P6 no circule toda el agua de salida.

En cuanto a la laguna de reserva (Figura 3.16), como se ha comentado anteriormente se han tenido problemas para conseguir que toda el agua de fp y FG entrase a esta laguna y no se desviase hacia la laguna educativa. A partir de agosto se observa cómo el único aporte de la laguna es el agua que sale de fp, disminuyendo los volúmenes tratados al no existir aporte desde FG. En todo el periodo, el agua tratada por la laguna de reserva es aproximadamente un 26% del volumen total de entrada al humedal. Sin embargo, el volumen aforado a la salida de la laguna es poco más del 30% del entrante. El balance de precipitación y evapotranspiración de la laguna es de un 5% del volumen de entrada.

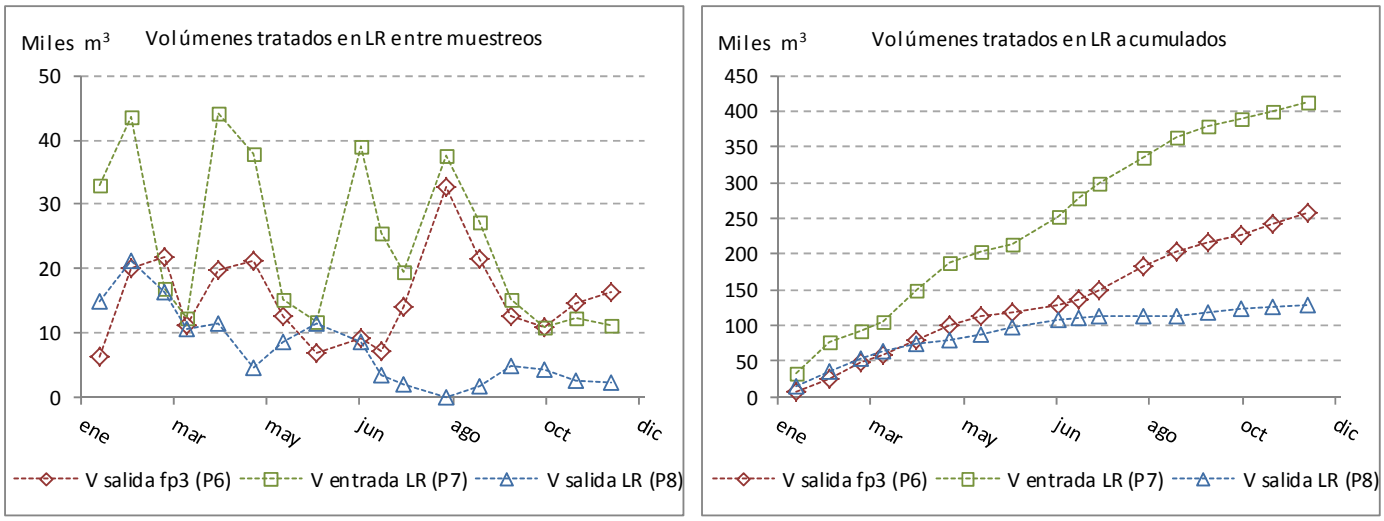

Figura 3.16. Volúmenes de entrada y salida de la laguna de reserva, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

Durante la penúltima campaña de monitorización se detectó una obstrucción causada por la vegetación aguas arriba de la compuerta de salida de la laguna. En la última visita del año, el caudal circulante por los tubos era sensiblemente mayor.

3.2.3 Curvas de gasto

Con los datos obtenidos durante los muestreos puntuales, se han ajustado curvas de gasto (relación calado – caudal) para los puntos P4 y P5 (puntos interiores del sector fp). Con estas curvas, el personal encargado del mantenimiento del humedal ha sido capaz de comprobar y ajustar el caudal circulante por fp al valor objetivo definido en el DEG. Esto ha sido de especial utilidad durante la fase de secado de FG, ya que fue necesario ajustar varias veces las compuertas de entrada al Tancat de la Pipa en periodos entre muestreos.

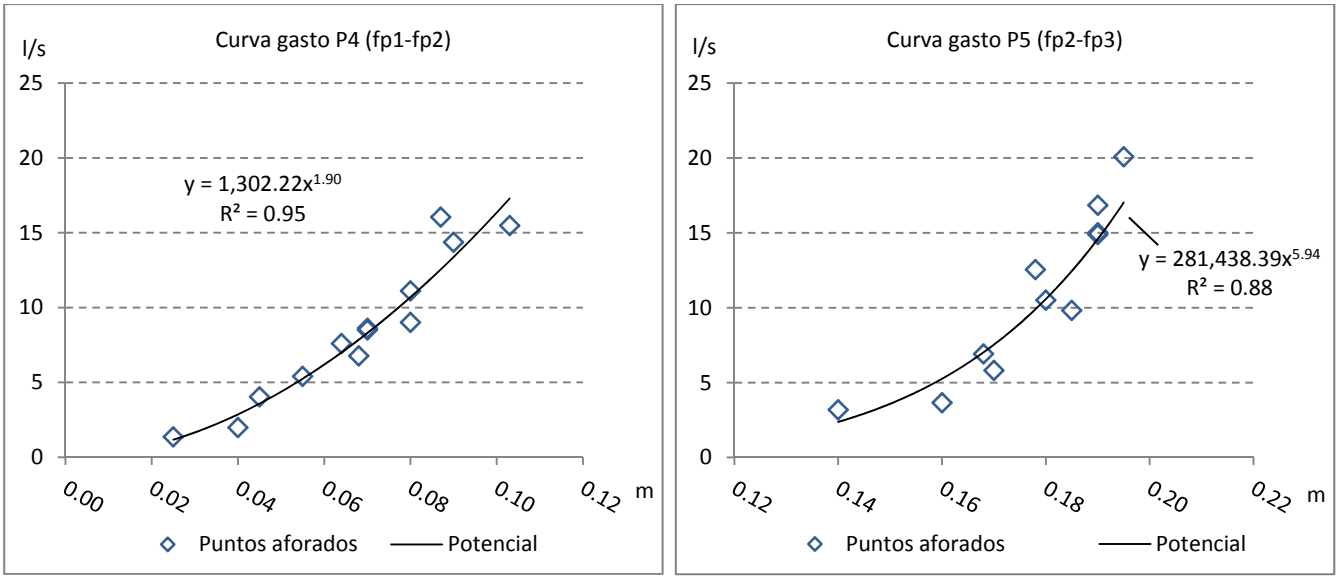

Figura 3.17. Curvas de gasto correspondientes a los puntos interiores de fp (P4 y P5).

3.3. Tiempos de retención hidráulica

En el DEG, en relación al Tancat de la Pipa, se definen valores de *carga hidráulica superficial (CHS)* y *tiempo de retención hidráulica (TRH)* para cada una de las líneas de flujo. Durante el año 2014 se han controlado las variables que influyen en la determinación de ambos, para comprobar que se aproximan a los deseados.

La CHS se define como el volumen de agua a tratar por metro cuadrado de superficie y por unidad de tiempo ($m^3\ m^{-2}\ d^{-1}$).

El TRH, definido como el tiempo de permanencia del agua a tratar en la celda, se calcula teóricamente como el volumen de la celda (m^3), dividido por el caudal de entrada (m^3/d). Calculando el TRH de esta manera, se asume que el caudal de entrada es igual al de salida, y constante durante el periodo de tiempo considerado, que el calado dentro de la celda no varía (no se acumula ni pierde volumen) y que el agua de entrada se distribuye por toda la superficie de la celda (sin que se creen zonas muertas en las esquinas/laterales).

En las celdas del sector fp, los caudales de entrada y salida pueden considerarse constantes, y también los volúmenes en las celdas, ya que los calados en los sectores no han variado considerablemente (a excepción del ultimo valor medido en fp1, más bajo de lo normal). En la Tabla 3.1 se recogen los valores de CHS y TRH para cada una de las celdas de fp, tras la aplicación directa de las ecuaciones teóricas.

Se observan valores de CHS superiores a los definidos en el DEG (0.060 m^3/m^2d), debidos a que entraba al sistema un caudal superior al deseado, sobre todo durante la primera mitad del año. El TRH de todo fp oscila en torno a los 3 días previstos.

En cuanto a la situación real del sector, las celdas de fp son celdas alargadas en la dirección del flujo, pero todas las conexiones se encuentran cerca de la margen izquierda de las mismas, lo que

crea un flujo preferente por este lado, zonas con menor movimiento en el lado derecho en el sentido del flujo. Esto puede provocar que parte del volumen de entrada permanece en la celda un tiempo inferior al TRH teórico, mientras que en otras zonas, parte del volumen se retiene durante un tiempo mayor.

A partir de los datos recogidos por los equipos de monitorización en continuo, y gracias a los distintos aumentos y descensos bruscos del caudal de entrada en fp que se han producido a lo largo del año, se analizará durante el próximo año el tiempo de respuesta a estas variaciones en cada uno de los puntos monitorizados de fp.

Tabla 3.1 Cargas Hidráulicas Superficiales y Tiempos de Retención Hidráulica para el sector fp.

	Caudal medio (m^3/d)	Carga hidráulica superficial ($m^3m^{-2}d^{-1}$)	Calado fp1 (m)	Calado fp2 (m)	Calado fp3 (m)	TRH fp1 (d)	TRH fp2 (d)	TRH fp3 (d)	TRH fp (d)
13/01/2014	1244	0.085	0.15	0.2	0.15	0.4	0.8	0.7	2.0
03/02/2014	1545	0.106	0.15	0.2	0.15	0.3	0.7	0.6	1.6
24/02/2014	1247	0.085	0.15	0.2	0.15	0.4	0.8	0.7	2.0
10/03/2014	1766	0.121	0.15	0.2	0.15	0.3	0.6	0.5	1.4
31/03/2014	2065	0.141	0.15	0.2	0.15	0.3	0.5	0.4	1.2
22/04/2014	1469	0.100	0.15	0.2	0.15	0.4	0.7	0.6	1.7
12/05/2014	1007	0.069	0.14	0.16	0.14	0.5	0.8	0.8	2.1
02/06/2014	592	0.040	0.14	0.16	0.14	0.8	1.4	1.4	3.6
01/07/2014	620	0.042	0.14	0.16	0.14	0.8	1.3	1.3	3.5
14/07/2014	888	0.061	0.075	0.16	0.25	0.3	0.9	1.7	2.9
28/07/2014	1276	0.087	0.075	0.16	0.25	0.2	0.6	1.2	2.0
25/08/2014	1380	0.094	0.075	0.16	0.25	0.2	0.6	1.1	1.9
15/09/2014	1257	0.086	0.075	0.16	0.25	0.2	0.7	1.2	2.0
06/10/2014	822	0.056	0.075	0.16	0.25	0.3	1.0	1.8	3.1
27/10/2014	641	0.044	0.075	0.16	0.25	0.4	1.3	2.3	4.0
17/11/2014	906	0.062	0.075	0.16	0.25	0.3	0.9	1.6	2.8
09/12/2014	1199	0.082	0.075	0.16	0.25	0.2	0.7	1.2	2.1

3.4. Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2014, así como las acciones llevadas a cabo para poder solucionarlas.

Fecha	Incidencia	Solución
13/01/2014	Presencia de fuga importante en la salida de la laguna de reserva (punto 8 de muestreo).	Se ha informado a los gestores del Tancat para que la arreglen a la mayor brevedad posible. Se realizaron estimaciones para corregir el caudal de salida teniendo en cuenta esta fuga.

29/01/2014	Caudal de salida de la laguna muy bajo (casi nulo).	Bloquear el canal central de distribución a la salida de fp hacia la derecha, bien con elementos tipo saco o bien permitiendo un mayor desarrollo de la vegetación (carrizos y eneas), de manera que el caudal de salida de fp discurra íntegramente hacia LR.
03/02/2014	El caudal circulante por el sector fp es superior al establecido en la Estrategia de gestión.	Se informa a los responsables del Tancat para que bajen el caudal de entrada a la mayor brevedad posible.
20/02/2014	Sigue saliendo poco caudal por P8 (laguna reserva).	Se cierra un poco la compuerta del canal central para favorecer la entrada de agua a la laguna de reserva (ello provoca una subida de nivel en el canal que recoge el agua de los filtros, de manera que se anegan las salidas de F4, siendo necesario volver a abrir la compuerta del canal central).
31/03/2014 22/04/2014	Se observan obstrucciones en puntos de fp por acumulación de vegetación y sedimentos en equipos de monitorización continua	Se instalan rejas aguas arriba de los equipos, que se limpiarán periódicamente para asegurar la circulación libre de caudal y la correcta medición de los equipos
02/06/2014	Los equipos en P4 provocan la acumulación excesiva de sedimentos aguas arriba	Se lleva a cabo una redistribución de los equipos de monitorización en continuo
23/06/2014	Se realizan tareas de mantenimiento en las compuertas de entrada por P1 y P2. Aumento excesivo del caudal, no representativo	Se pospone el día de muestreo de hidráulica para obtener valores representativos del funcionamiento del humedal
14/07/2014	Poco caudal de entrada en fp por disminución de entradas al humedal durante secado plantación de FG	Se regulan las compuertas de P1 y P2 para que en fp circule el caudal establecido en el DEG. El personal encargado del humedal mide diariamente el caudal a partir del calado en P5 y su curva de gasto
	Idem en Laguna de reserva	Cambios en apertura de compuertas para intentar derivar toda el agua de fp hacia la LR. Los caudales en un tubo son tan bajos que impiden el aforo con molinete, por lo que se estiman algunos valores.
06/10/2014	Caudales bajos en todo el humedal debido al cierre de compuertas tras las lluvias	Se vuelven a regular los caudales circulantes para alcanzar valores objetivo en fp
06/10/2014	Operaciones de mantenimiento sobre los equipos de monitorización continua	Varios equipos se desinstalan para su mantenimiento en laboratorio. Uno de ellos presenta un corte en el cable realizado, probablemente, durante operaciones de desbroce en el Tancat de la Pipa
	La mota entre el sector fp1 y fp2 está derrumbándose en el entorno del punto P4	No se puede aforar correctamente el caudal en este punto. El caudal que pasa por los laterales de P4 no se puede cuantificar.
17/11/2014	Sensor de ultrasonidos mal colocado	Se ha estirado del cable accidentalmente durante operaciones de mantenimiento a la salida de fp. Se vuelve a colocar en su sitio

3.5. Propuesta de mejoras

Como se puede observar en las incidencias descritas en el epígrafe anterior, la mayoría de los problemas surgidos durante las tareas de monitorización se han resuelto de manera rápida a medida que se detectaron.

Los problemas asociados a obstrucciones se solucionaron durante los primeros meses de monitorización, y se realiza un mantenimiento periódico de los sistemas de rejas instalados para prevenir estas obstrucciones.

Los asociados a la regulación de caudales se han ido resolviendo conforme aparecían, y actualmente los encargados del Tancat disponen de las herramientas necesarias para comprobar, entre campañas de monitorización, que los caudales circulantes por fp son los adecuados. En caso contrario, llevan a cabo las modificaciones necesarias en la apertura de compuertas.

Sin embargo, el problema detectado en el estado de conservación de la conexión entre fp1 y fp2 (P4), no está resuelto y no tiene una solución inmediata. El próximo año, las tareas de monitorización se centran en el sector FG, cuyas conexiones intermedias presentan problemas similares.

Dado que no será posible realizar un correcto aforo de caudales en estos puntos mientras no se acondicionen, se considera más eficiente monitorizar todos los puntos de entrada y salida de FG (ya que este sector dispone de 4 puntos de entrada y 2 de salida), para poder realizar un balance global del sector.

En los puntos intermedios, se considera más interesante, por ejemplo, poder comprobar cuál es la diferencia temporal en la respuesta a variaciones bruscas del nivel. Aunque los sectores tienen un tamaño similar, durante la replantación se siguieron distintos esquemas de colocación de las plantas que pueden influir en el TRH. Por ello, se propone la instalación de equipos de monitorización continua de algunos puntos, como se ha hecho en 2014 con fp.

Por último, el volumen bombeado a la Albufera se evalúa a partir de las horas de funcionamiento de las bombas, asumiendo que el caudal de bombeo es constante. Este caudal puede variar en función de la diferencia de nivel entre el canal de salida y la Albufera. Un análisis de este bombeo permitiría una mejor estimación de los caudales de salida.

4. TANCAT DE MILIA

4.1. Esquema del funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo

Tanto la entrada como la salida del Tancat de Milia se lleva a cabo mediante bombeo. Desde la Albufera, se impulsa agua hasta el punto P1, aguas arriba del sector de flujo subsuperficial (sector A). Una vez ha atravesado todos los sectores del humedal, el agua se extrae desde el punto P8, al final de la laguna (sector C), de nuevo hacia la Albufera.

Como se observa en el esquema de la Figura 4.1, el agua atraviesa en primer lugar el sector A, de flujo subsuperficial, hasta llegar a un primer canal que distribuye el agua entre las tres líneas de flujo superficial (Este, Centro y Oeste) a través de las celdas B1E, B1C y B1O. La entrada a estos sectores dispone de un vertedero rectangular en pared delgada aguas arriba y un tubo de conexión con la celda aguas abajo. El porcentaje de agua que entra a cada sector se regula en cada caso gracias a una compuerta instalada entre el vertedero y el tubo.

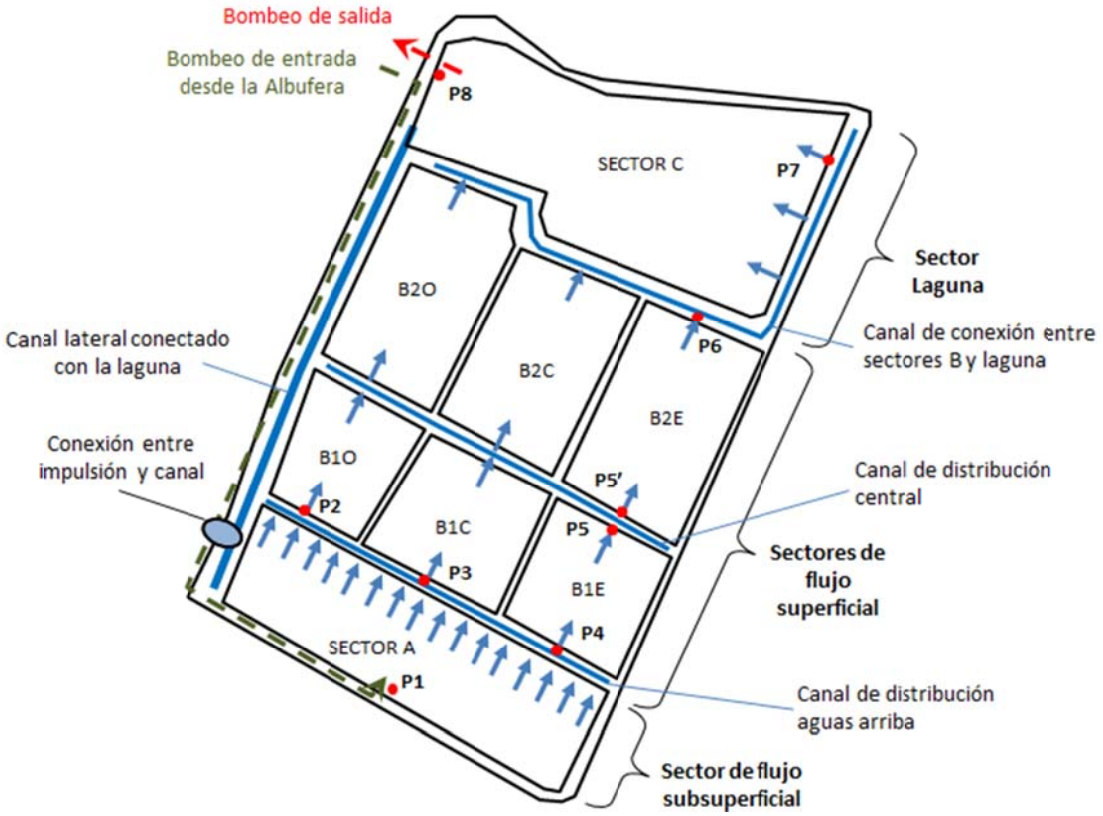

Figura 4.1. Tancat de la Milia. Esquema de flujos y puntos de muestreo

Cada uno de los sectores de flujo superficial está dividido en dos subsectores (1 y 2), que disponen de un sistema de conexión similar (vertedero-compuerta-tubo). Entre los subsectores 1 y 2 de cada línea de flujo existe otro canal de distribución que, en principio, no permite aislar por completo estas líneas.

Las celdas B2E, B2C y B2O vierten a un último canal que conecta con la laguna (sector C), a través de tres entradas de la misma tipología que las anteriores. Normalmente, sólo se mantiene

abierta la última de las compuertas, para asegurar que no se crean zonas muertas al final de este canal.

El régimen de bombeo de entrada ha variado a lo largo del año, tal y como se explica en el epígrafe "*4.2 Análisis del bombeo*". El bombeo de salida se realiza de manera automática cuando se alcanza un cierto nivel en la laguna. Los bombeos de entrada y salida nunca coinciden en el tiempo, puesto que la toma de las bombas de entrada está muy próxima a la de salida y podría producirse una recirculación indeseada de agua desde la laguna.

Las tareas de monitorización de la acción B1 en el Tancat de Milia, durante el año 2014, se centran en la línea de flujo superficial Este (B1E y B2E) y laguna. Se aforan caudales de manera periódica (cada tres semanas) en 8 puntos representativos, que son los siguientes:

- Entrada al Tancat de Milia: punto P1
- Salidas del sector de flujo subsuperficial: P2 (entrada a sector B1O), P3 (entrada a sector B1C), P4 (entrada a sector B1E)
- Puntos representativos en sector de flujo superficial B Este: además de P4, P5 (salida B1E) P5' (entrada B2E) y P6 (salida B2E)
- Laguna: puntos P7 (entrada) y P8 (salida)

La tubería de impulsión de entrada al humedal desde la Albufera dispone de un caudalímetro que registra directamente el caudal bombeado en cada periodo de funcionamiento de las bombas. La impulsión de salida no dispone de caudalímetro, por lo que se llevaron a cabo mediciones de velocidad en la salida a la Albufera con molinete durante el funcionamiento de las bombas, para poder estimar el caudal de salida.

El resto de puntos se monitorizan midiendo calado y velocidad en la sección de aforo, que es la del tubo de conexión, con un mini molinete. Los tubos pueden funcionar en presión o en lámina libre. Además, en aquellos casos en los que existe vertido libre en el vertedero, también se realiza una estimación del caudal mediante las ecuaciones de descarga de vertedero rectangular en pared delgada.

El bombeo de entrada del Tancat de Milia es discontinuo, ya que para cubrir los volúmenes definidos en el documento DEG, es suficiente con bombear durante unas 8-10 horas diarias, con una sola bomba. Debido a esta característica, el caudal circulante por los distintos puntos monitorizados (sobre todo aquellos situados más aguas arriba) varía en función de la hora del día a la que se aforen.

Para poder obtener la evolución de caudal circulante en función del volumen inyectado en el humedal por bombeo, se ha colocado una sonda de nivel en el punto P4 durante un periodo de tiempo suficiente (monitorización en continuo). En este punto se dispone de una relación entre el calado sobre el vertedero y el caudal circulante, por lo que se puede calcular directamente la evolución de caudales a partir de datos de calados. En un futuro, está prevista la colocación de esta sonda en distintos puntos del humedal para mejorar la estimación de volúmenes tratados en cada sector.

Por último, los datos de entradas y salidas se han analizado conjuntamente para realizar un balance global de funcionamiento, teniendo en cuenta también precipitaciones y evapotranspiración.

4.2. Análisis del bombeo

De acuerdo con los parámetros hidráulicos a implementar en este sistema (según DEG), el volumen diario a inyectar en el Tancat de Milia es de unos 3400 m^3. Este Tancat dispone de tres bombas iguales que pueden funcionar en paralelo o de manera individual, pero que siempre funcionan a velocidad nominal porque no tienen instalado un variador de frecuencia.

Durante los primeros meses de funcionamiento, el bombeo se realizaba con dos bombas trabajando en paralelo durante 4 horas, seguidas de 2 horas de funcionamiento de una sola bomba. De esta manera, el volumen real inyectado era de 3000 m^3 al día. Como no se bombeaba durante los fines de semana, para cumplir objetivos de volumen hubiera sido necesario bombear más durante los días laborables. Con este sistema esto no era posible, ya que se saturaba el sector A y se provocaba un flujo superficial no deseado, por encima de las gravas.

Es evidente que este modo de funcionamiento no era deseable, tanto por su discontinuidad como por los elevados caudales durante el funcionamiento de dos bombas en paralelo, que superaban la capacidad de tratamiento del sector A.

A raíz de estas observaciones se realizó un análisis hidráulico y energético del bombeo, con el objetivo de definir la mejor estrategia posible, habida cuenta de que existía la posibilidad de implementar un sistema remoto de accionamiento de bombas.

Analizados los consumos energéticos de las situaciones de funcionamiento correspondientes a dos bombas conjuntamente frente a una sola bomba, en relación a los caudales bombeados, se llega a la conclusión de que los consumos, en kWh por m^3 bombeado son de 0.0337 kWh/m^3 y 0.0254 kWh/m^3 respectivamente. Esto es coherente con los caudales bombeados en una y otra situación (2 bombas 630 m^3/h, 1 bomba 450 m^3/h), lo que indica que el diseño hidráulico de la impulsión estaba previsto para un caudal continuo y menor, por lo que las pérdidas aumentan mucho con caudales grandes, siendo ineficiente bombear con dos bombas a la vez.

Todo lo anterior, conjuntamente con la posibilidad de tarificación de la energía eléctrica en función del horario, ha llevado a la implementación de una estrategia de bombeo con una única bomba (450 m^3/h) durante 11 horas en horario nocturno. Este sistema entra en funcionamiento en junio de 2014. Los encendidos y apagados se gestionan con el sistema de accionamiento remoto anteriormente comentado. Así también existe ahora la posibilidad de bombear cualquier día de la semana y conseguir, con un funcionamiento mucho más regular, el volumen objetivo.

Con esta nueva forma de bombeo, la respuesta del sistema es también mucho más regular (con periodicidad), pero sigue siendo discontinua. Para caracterizar mejor esta respuesta es por lo que se ha instalado la sonda de nivel en el punto P4. El análisis de los datos obtenidos a partir de la misma se trata en el epígrafe *4.4 Tiempos de retención hidráulica.*

4.3. Gráficos

4.3.1 Caudales objetivo definidos en *Estrategia de gestión* y caudales aforados

Para mantener las cargas hidráulicas definidas en el documento DEG, el caudal medio diario de entrada al Tancat de Milia ha de ser de 39.3 l/s, de los cuales 33.4 l/s entran en la línea de flujo BE, 2.9 l/s en BC y 3.0 l/s en BO.

En la Figura 4.2 se presentan los gráficos correspondientes al caudal medio diario, en l/s, bombeado desde la Albufera hasta el humedal artificial. En el gráfico de la izquierda los caudales se han calculado asumiendo que los volúmenes bombeados se bombean con un caudal constante repartido durante las 24 horas del día. Se puede observar que los caudales varían considerablemente, o lo que es lo mismo, que los volúmenes bombeados no son constantes. Por la imposibilidad de bombear durante fines de semana, por fallos eléctricos, o por otras causas relacionadas con las tareas a realizar en el propio Tancat, no siempre es posible bombear el volumen necesario, y se intenta compensar bombeando de más otro día.

En el gráfico de la derecha se han calculado los caudales medios diarios promedio en el periodo entre muestreos, para poder analizarlos con mayor facilidad (volumen entre muestreos dividido por el tiempo entre muestreos). En este gráfico llama la atención el hecho de que durante los primeros 5 meses del año, el caudal bombeado está por debajo de caudal objetivo. Esto es una consecuencia del modo de bombeo durante los primeros meses de funcionamiento del humedal, como ya se ha comentado en el epígrafe anterior.

A partir de junio, los caudales bombeados se aproximan más al caudal objetivo, y la reducción que se produce durante los meses de julio, agosto y septiembre está relacionada con las operaciones de secado y replantación de varios sectores.

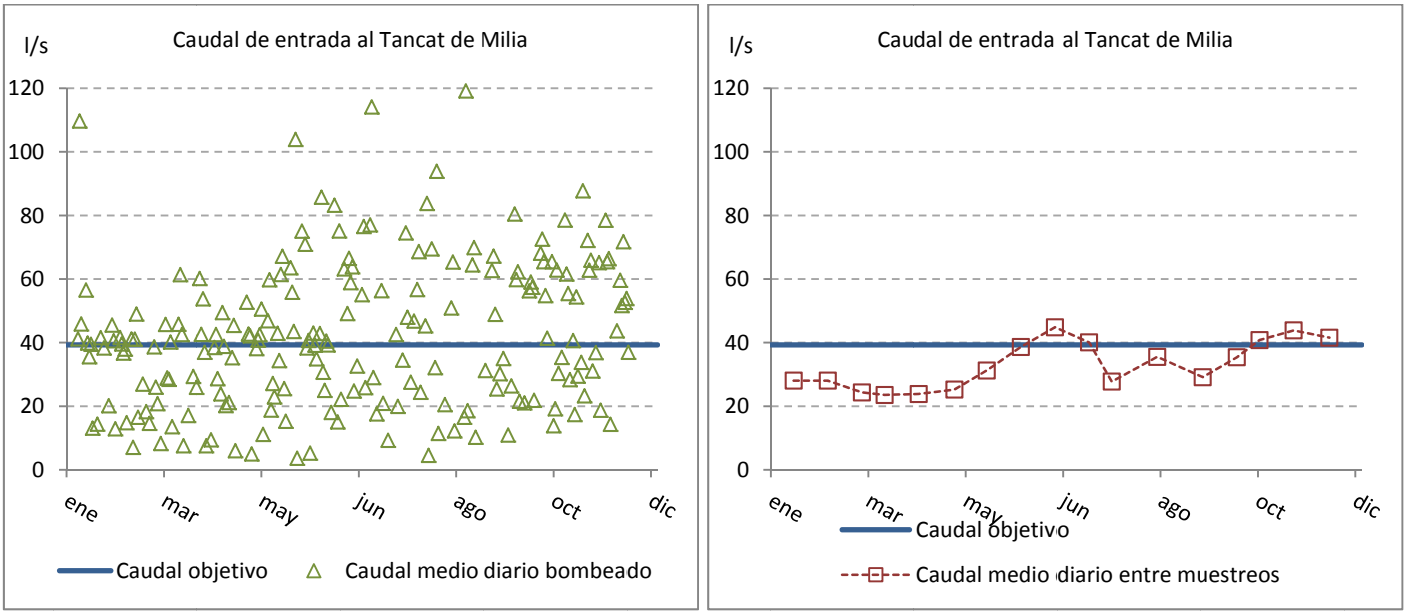

Figura 4.2.Caudal de entrada al Tancat de Milia por bombeo.

Como se ha dicho, tras el paso por el sector A, el flujo llega a un canal de distribución que reparte el caudal entre las líneas Este, Centro y Oeste. Para conseguir que la mayor parte del caudal circule por B1E, el vertedero de este sector está situado a una cota más baja que los de las celdas adyacentes, y en estas otras se han mantenido las compuertas bastante cerradas. En la práctica, las compuertas no sellan por completo la entrada a cada celda, por lo que, en los casos en lo que ha sido necesario cerrar celdas para su secado, se ha tenido que colocar algún tipo de material impermeable entre el vertedero y la compuerta, y aun así se observan fugas por debajo de la solera del tubo de salida (Figura 4.3).

Figura 4.3.Sellado de compuertas (izquierda) y presencia de fugas bajo el tubo de conexión (derecha)

Como se ha indicado, el bombeo discontinuo no permite un estado permanente de circulación de caudales. Los caudales instantáneos medidos en las campañas de muestreo y representados en las gráficas siguientes (Figura 4.4), por sí solos, no permiten determinar si se están siguiendo las directrices definidas en la estrategia de gestión.

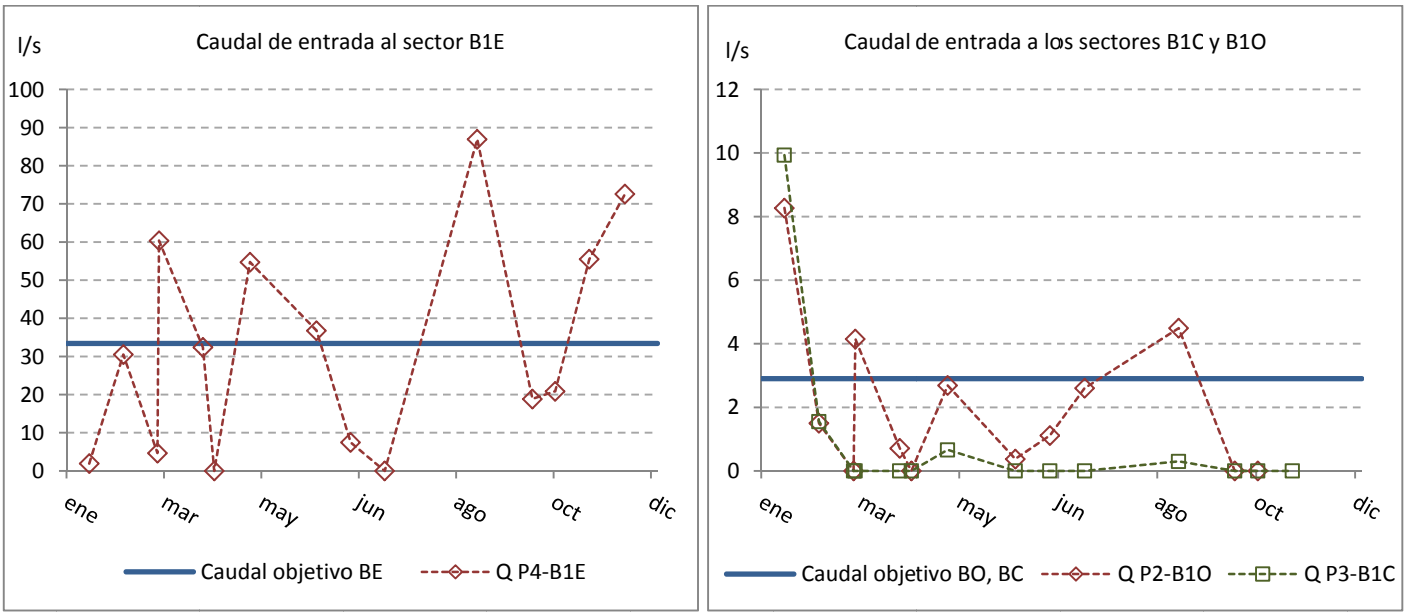

Figura 4.4.Caudal de entrada al sector B por las líneas Este, Centro y Oeste.

Los muestreos de hidráulica en el Tancat de Milia, se planificaron para poder recoger el mayor número de puntos distintos de funcionamiento para poder analizar los datos teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Tiempo transcurrido entre la hora de medición y el inicio/fin del último bombeo
- Volumen bombeado en el último bombeo
- Situación de los sectores B1C y B1O (abiertos, cerrados, parcialmente cerrados…)

Por el sector B1C (P3) han circulado caudales muy bajos durante todo el año 2014, debido a que parte del caudal estaba entrando por una fuga situada debajo del tubo, que sólo se detectó durante el secado de este sector, a partir de agosto.

En cuanto al sector B1O (P2), los caudales circulantes eran algo mayores, y se mantenían sensiblemente constantes, ya que el agua se dirigía principalmente hacia P4. Además, este sector también se mantuvo relativamente seco los meses de agosto y septiembre para evitar caudal entrante en el sector inmediatamente aguas abajo, B2O, que también se replantó.

El punto P4 es el que más variabilidad de caudales aforados ha presentado, y el que se ha tomado como referencia para estudiar el funcionamiento hidráulico del Tancat. El objetivo de la campaña de monitorización ha sido el de determinar la evolución de caudales en el punto P4 en función del inicio, modo y duración del bombeo.

La tarea de recogida de datos de interés en el punto P4 se ha visto afectada por los cambios en el modo de bombeo llevados a cabo a partir del mes de junio, por lo que, para el análisis conjunto de todos los datos recogidos, se han tratado todos los puntos como si el bombeo se hubiese llevado a cabo con una sola bomba, transformando los volúmenes bombeados al número de horas equivalentes de bombeo con una bomba.

Asimismo, en el análisis de datos se ha tenido en cuenta si las compuertas de los sectores B1C y B1O estaban abiertas o cerradas, o lo que es lo mismo, qué porcentaje del caudal bombeado tendría que estar pasando, teóricamente, por P4.

Los puntos aforados en la línea de flujo Este aguas abajo de P4 (salida de B1E, entrada a B2E y salida de B2E) presentan menos variabilidad en el valor del caudal circulante. Sobre todo a partir del cambio en el modo de bombeo, y exceptuando algún punto correspondiente a los meses de agosto y septiembre, el flujo de agua en estos puntos puede ser permanente, con ligeras variaciones del caudal.

En el gráfico siguiente (Figura 4.5) se observan, no obstante, varios aforos con incidencias que es interesante comentar.

En primer lugar, los caudales circulantes en los puntos situados aguas arriba alcanzan valores más altos que los aforados aguas abajo, lo que apoya la teoría de un flujo continuo de menor caudal en P5 y P6, frente al discontinuo y con valores extremos de P4.

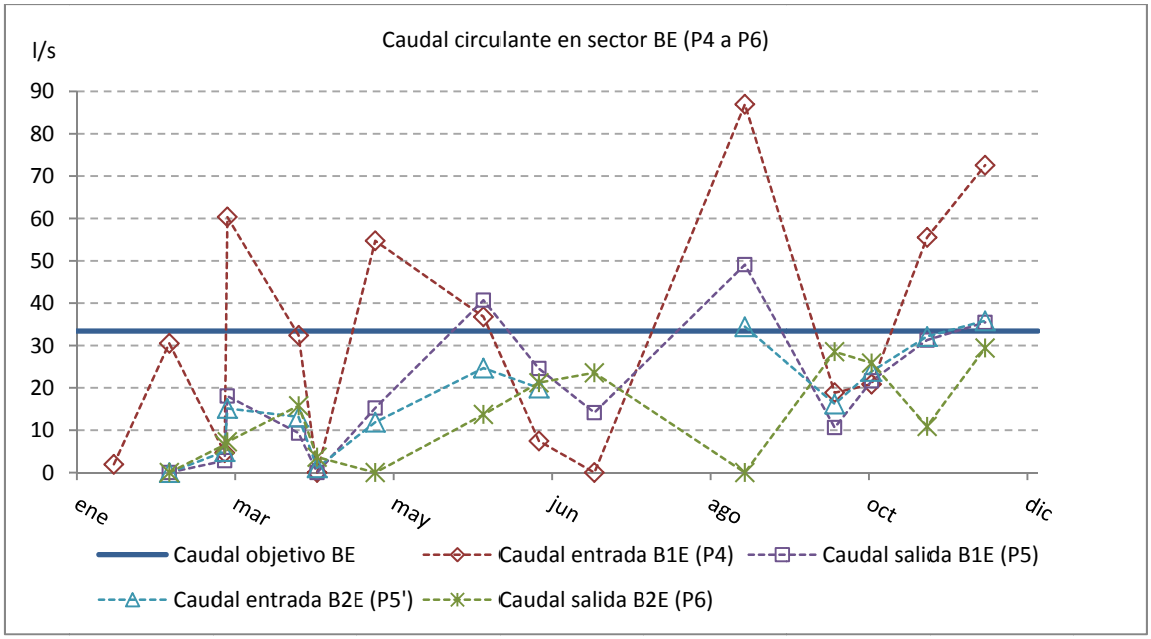

Figura 4.5.Caudales circulantes por Línea de Flujo Este en sector B

Por otra parte, se observan puntos de caudal prácticamente nulo en todo el sector, como el del muestreo de abril. Es una situación en la que no se había bombeado en los dos días anteriores y que podía darse con el antiguo sistema de bombeo. Aun así, se observa un caudal, aunque muy pequeño, circulando a partir de P5.

Por último, cabe recordar que la salida del sector B1E no es directamente la entrada del sector B2E (es decir, P5 y P5' son dos puntos distintos, unidos por un canal intermedio de distribución). En principio, salida y entrada están suficientemente cerca como para que todo el flujo que sale de B1E entre en B2E, pero en la práctica se observó como la pendiente de este canal intermedio hacía que parte del flujo se desviara hacia los sectores centro y oeste, resultando en general un caudal por P5 superior al caudal por P5', como se ve en el gráfico. A partir de septiembre, se creó una mota en el canal entre el sector este y el central, que iguala los caudales aforados en estos dos puntos.

En la Figura 4.6 se representan sólo valores fiables de caudales circulantes hacia la laguna, ya que se descubrió una compuerta abierta y no aforada por donde estaba circulando gran parte del caudal de entrada a la laguna, y con cuyos valores de caudal no se cuenta hasta finales de mayo.
A la vista de los valores parece que gran parte del caudal bombeado no está entrando en la laguna. Sin embargo, hay que tener en cuenta que:

- Hay valores que se corresponden con periodos de menor bombeo, durante el secado de varios sectores para su plantación.
- Pueden circular caudales mayores en otros momentos del día. En la laguna se dispone de menor variabilidad temporal por no disponer de datos fiables hasta finales de mayo.
- La laguna tiene una conexión aguas arriba con el bombeo de entrada, a través de un canal lateral que llega a un punto muerto cerca del sector A. Esta conexión se ha abierto

periódicamente para evitar que el agua se estancase, e incluso estando cerrada, parte del caudal rebosa hacia este canal, llegando a la laguna por un punto no aforado.

No obstante, a partir de un análisis general basado en los datos de bombeo, es evidente que el agua acaba llegando a la laguna, y de ahí es devuelta a la Albufera, pues el caudal medio bombeado sí que se aproxima al definido en la estrategia de gestión.

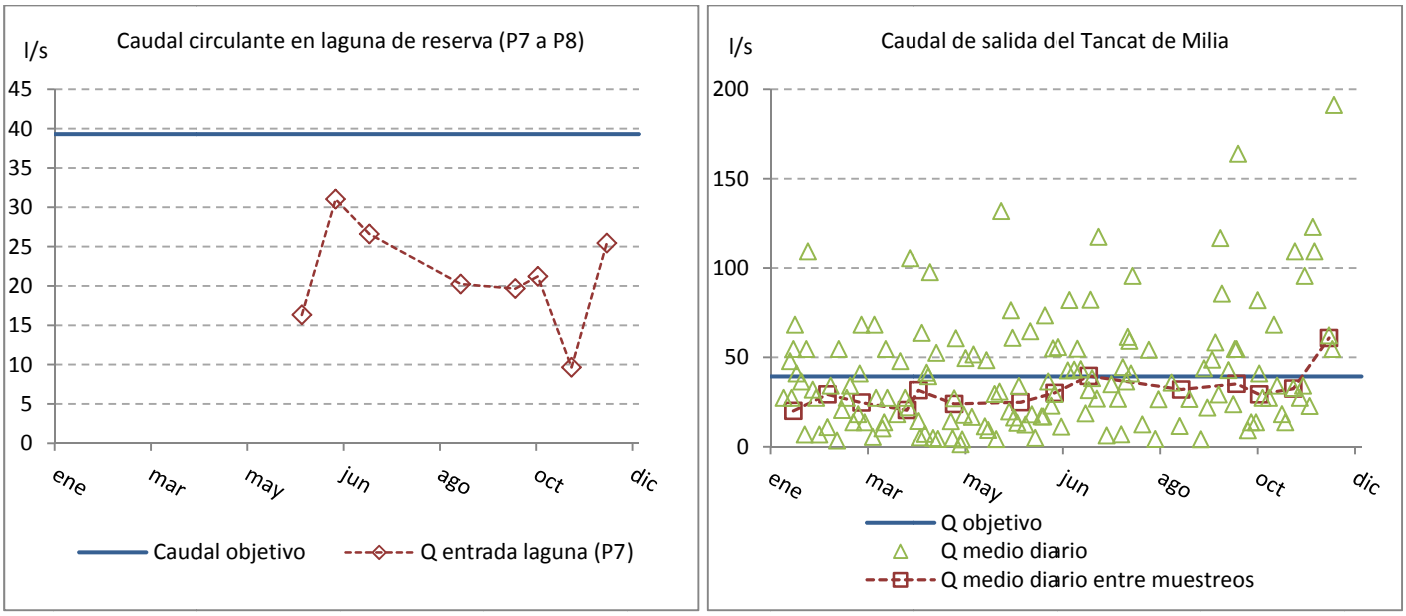

Figura 4.6. Caudales en la laguna (sector C)

4.3.2 Volúmenes tratados en los sectores monitorizados

En términos netos, se ha bombeado ligeramente más agua al Tancat de la que se ha bombeado de nuevo a la Albufera en 2014, sin contar con datos de precipitación y evapotranspiración (ha salido por P8 un 92% de lo que ha entrado por P1). En las gráficas de la Figura 4.7, se observa un descenso de los volúmenes de entrada y un aumento de los bombeos durante el periodo comprendido entre julio y octubre. Este se corresponde con las operaciones de secado de las celdas B1C y B2O.

En cuanto a la distribución de caudal entre los sectores superficiales, hay que distinguir entre distintas situaciones o modos de funcionamiento, según la posición de las compuertas de entrada a cada una de las líneas de flujo. En la primera de ellas, que es la prevista en el documento de estrategia de gestión, el flujo se distribuye entre las tres líneas, entrando la mayor parte del volumen a la línea Este. En este caso, entra en torno a un 74% a la celda B1E, un 2% a la celda B1C y un 4% a la celda B1O. Hay que tener en cuenta que parte del volumen bombeado fluye hacia la laguna sin pasar por los sectores A y B a través de una compuerta que conecta con el brazo lateral de la laguna -canal lateral conectado con la laguna, Figura 4.1-, que en algunas ocasiones se ha abierto para evitar que el agua se estancara en este canal. Además, la entrada a la celda B1C presenta fugas por debajo del tubo que fueron detectadas durante el secado de la celda, y que no se han podido cuantificar.

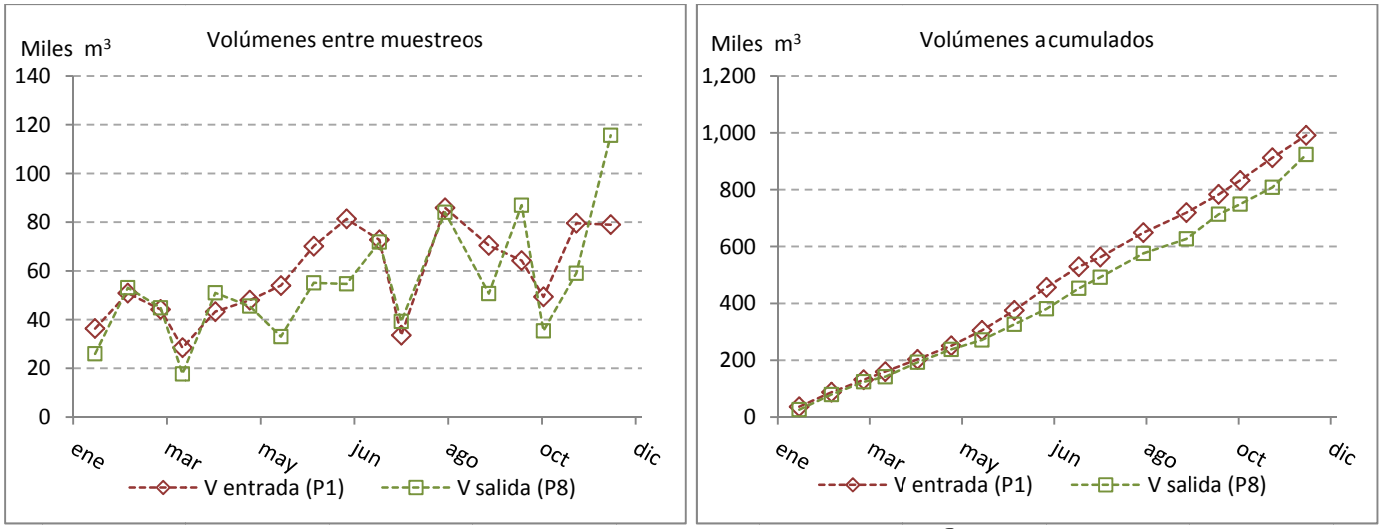

Figura 4.7. Volúmenes de entrada y salida del humedal, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

El segundo modo de funcionamiento corresponde a los meses de julio a noviembre, durante los cuales se llevó a cabo el secado de las celdas B1C y B2O. Las compuertas del sector B1C no cierran herméticamente. Debido a la imposibilidad de aislar completamente esta celda, durante un periodo de tiempo se cerró también la línea de flujo BO. Así, por la línea BE circuló durante estos meses aproximadamente el 80% del caudal. En la gráfica izquierda de la Figura 4.8 se observa un descenso importante del volumen de entrada a B1E durante el mes de julio, al comienzo de las operaciones de vaciado.

Por último, tercer modo de funcionamiento, a principios de noviembre volvió a abrirse la entrada a la línea BO, circulando por ella durante los meses de noviembre y diciembre un 25% del volumen bombeado. Por la línea BE circuló el 50% del caudal. La compuerta de entrada a la celda B1C continuó cerrada, aunque siguen observándose fugas en la entrada bajo el tubo.

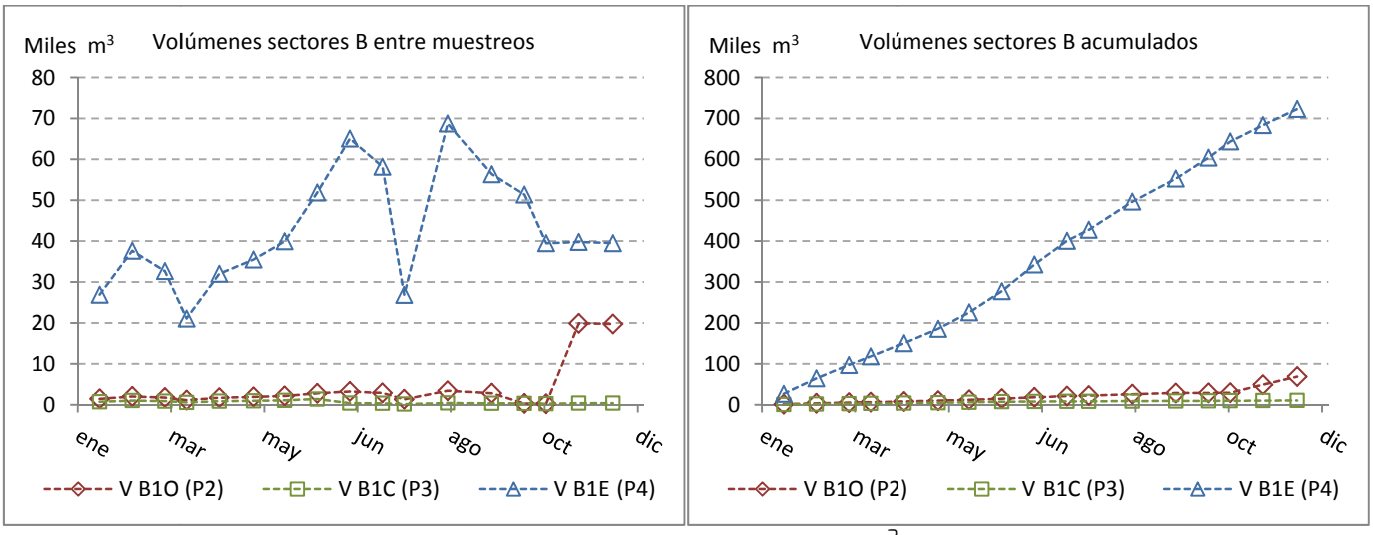

Figura 4.8. Volúmenes de entrada en Sector B, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

Estos porcentajes de distribución del caudal de entrada se han obtenido a partir del análisis de los datos de la sonda de nivel, que estuvo instalada durante distintos modos de funcionamiento del humedal. En los otros puntos monitorizados de la línea de flujo Este en el sector B (P5, P5' y P6) no se tiene una evolución completa de caudales a lo largo del día, aunque los distintos puntos obtenidos durante el primer año muestran valores más constantes dentro del día, gracias a la laminación que se produce en las celdas B1E y B2E. Suponiendo que no existen fugas laterales en estas celdas, los volúmenes de salida de las mismas tienen que ser iguales a los de entrada, restando la evapotranspiración y sumando las entradas por precipitación, habida cuenta que no existe infiltración por estar el sustrato saturado.

Sin embargo, los caudales de salida de la celda B1E no siempre han ingresado íntegramente en la celda B2E. Durante los meses de mayo a septiembre, se observó una diferencia importante entre los caudales aforados en P5 (salida de B1E) y P5' (entrada de B2E), ya que parte de este caudal se desviaba hacia la izquierda (hacia las líneas Central y Oeste) en el canal intermedio que existe entre los sectores B1 y B2. Como ya se ha comentado, se construyó una mota en este canal para evitar este hecho (Figura 4.9).

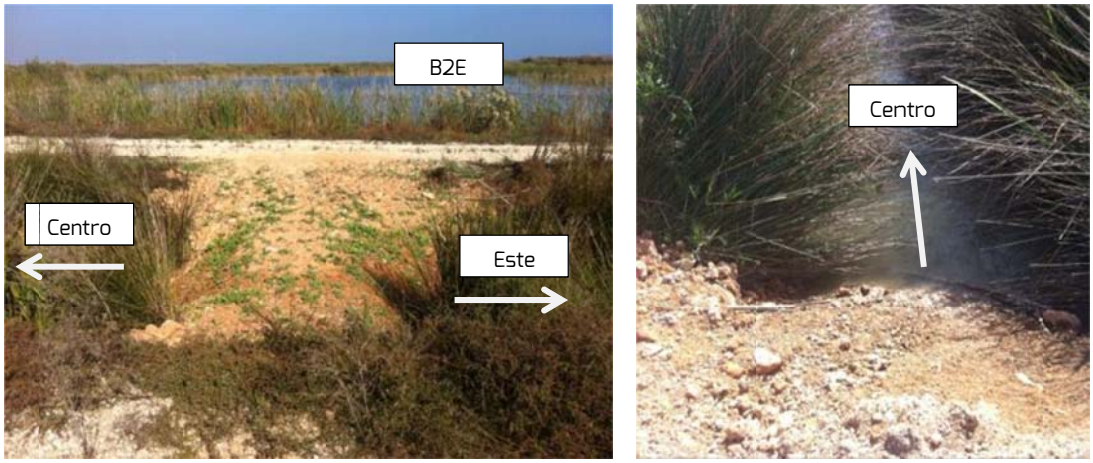

Figura 4.9. Mota en el canal de distribución central, entre la línea Este y las líneas Centro y Oeste.

Los volúmenes tratados entre muestreos y acumulados, considerando precipitación y evapotranspiración, se presentan en las gráficas de la Figura 4.10. Durante los meses en los que se observaron diferencias de caudales, en torno al 70% del caudal de salida de B1E entró en B2E, mientras que el resto llegó a entrar incluso a B1C desde aguas abajo, complicando aún más las tareas de secado de esta celda.

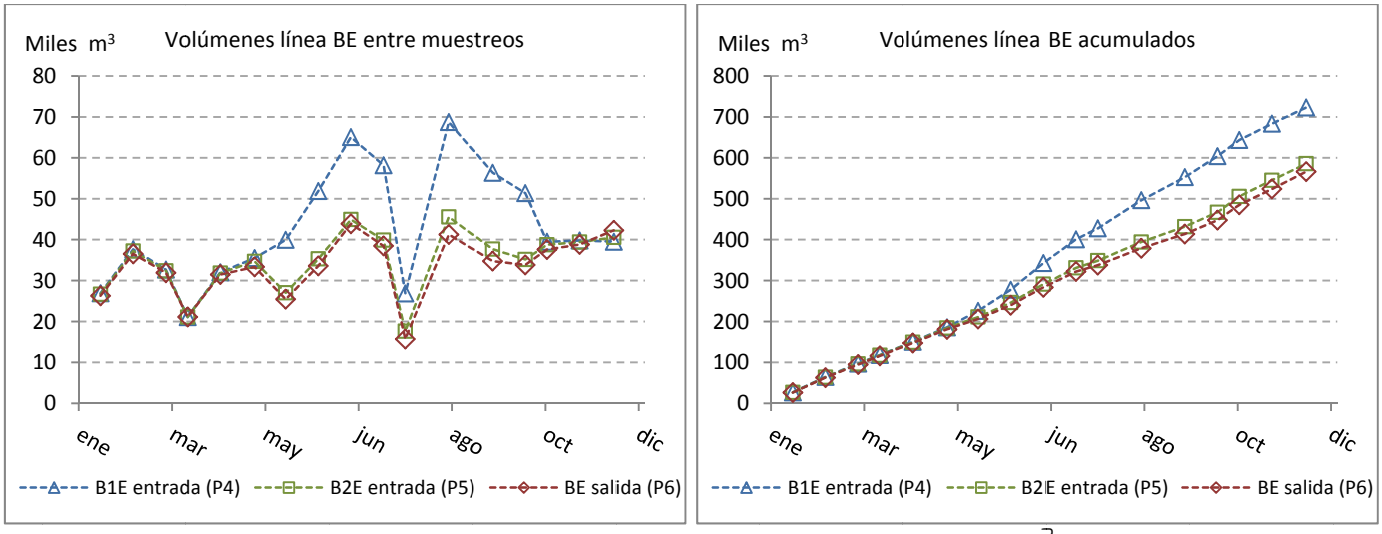

Figura 4.10. Volúmenes tratados, línea de flujo Este sector B, en miles de m^3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

La entrada en la laguna se ha calculado a partir de la entrada total, sumando las entradas por precipitación y restando las salidas por evapotranspiración en todo el humedal, obteniéndose los resultados que se muestran en la Figura 4.11.

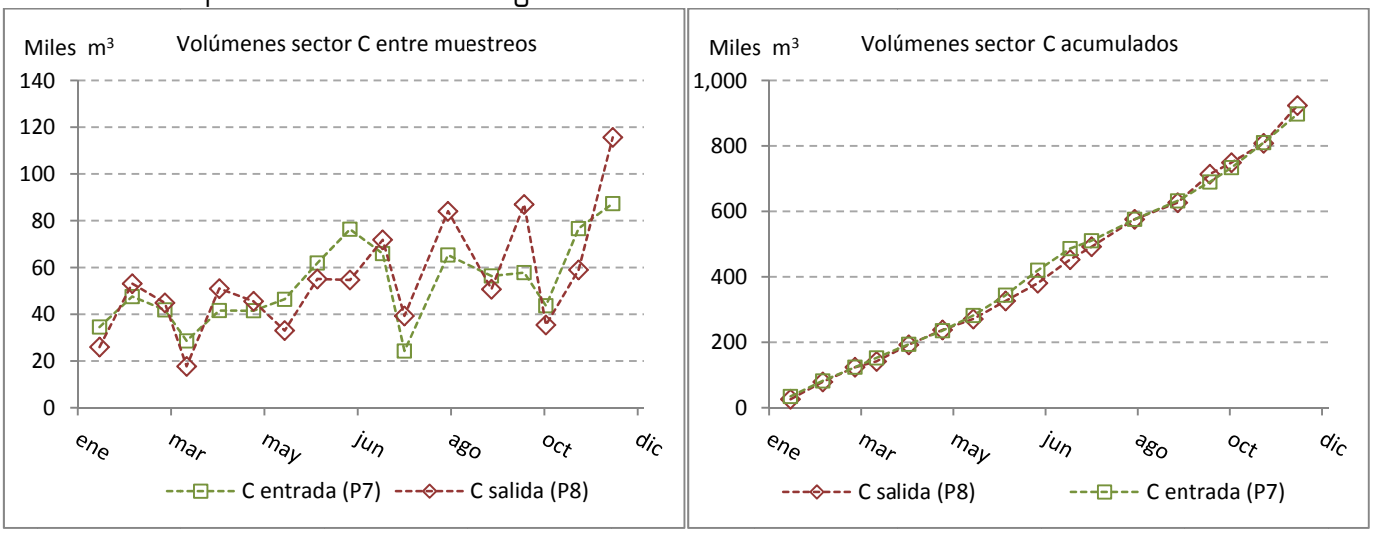

Figura 4.11. Volúmenes tratados por la laguna (sector C), en miles de m3, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha).

4.3.3 Curvas de gasto

En los puntos P4 y P6, el vertido a través del tablón situado aguas arriba de la conexión entre celdas ha sido libre en la mayoría de los aforos. La ecuación para estimar el caudal a través de vertederos rectangulares en pared delgada es la siguiente:

$$Q = C_e \frac{2}{3}\sqrt{2g}b_e h_e^{1.5}$$

donde b_e y h_e son longitudes efectivas relacionadas con el ancho del vertedero y el calado sobre el mismo. Por otra parte, el término C_e, coeficiente de descarga, recoge efectos como la contracción vertical del flujo, la relación de anchos canal-vertedero, la relación entre la carga sobre el vertedero y la altura del mismo, etc. En los dos puntos del Tancat de Milia (Figura 4.12), se ha optado por asignar a b_e y h_e directamente el ancho del vertedero y el calado, de manera que el resto de efectos (contracción lateral del flujo, viscosidad y tensión superficial) que convertirían estas variables en "efectivas" queden recogidos en el coeficiente C_e, que ha sido el parámetro a calibrar con los datos de caudal aforado con el mini molinete para ajustar las curvas correspondientes.

Figura 4.12. Vertederos situados aguas arriba de P4 (izquierda) y P6 (derecha)

El ajuste se ha realizado por mínimos cuadrados (Figua 4.13), obteniéndose valores para C_e coherentes con los que se pueden obtener aplicando las ecuaciones empíricas propuestas para su estimación en la literatura técnica. La bondad de ambos ajustes es plenamente satisfactoria como se desprende del valor de r^2 en ambos casos.

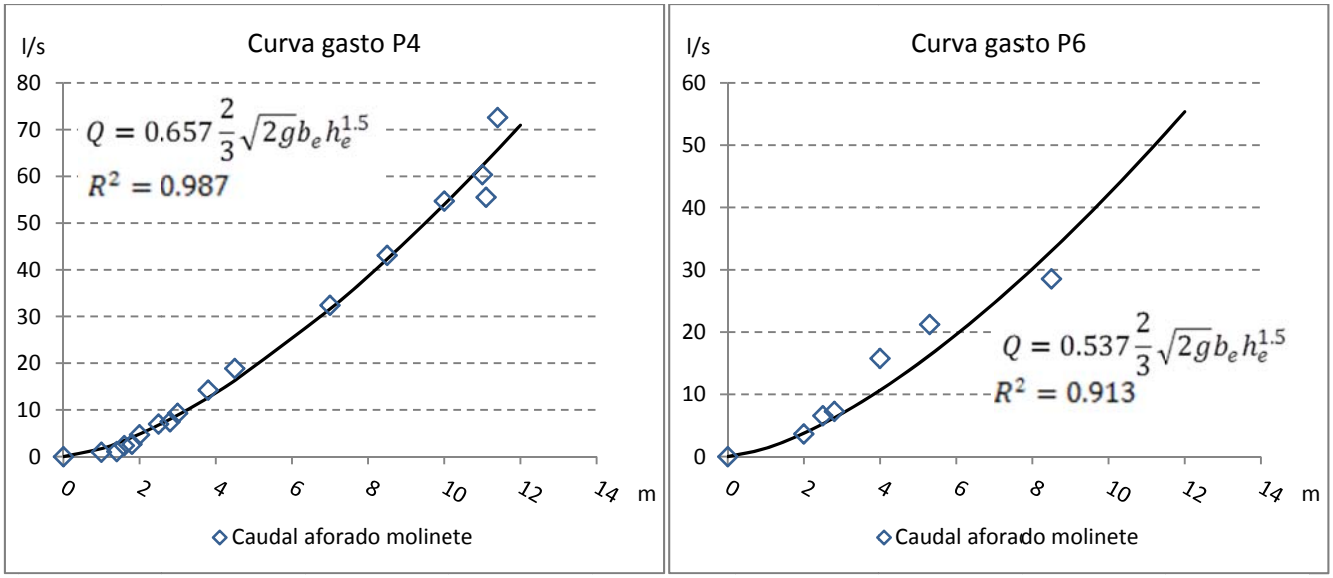

Figura 4.13. Ajuste de ecuaciones de vertedero rectangular en pared delgada para puntos del Tancat de Milia.

La ecuación ajustada para el punto P4 ha permitido obtener los caudales circulantes a lo largo del día a partir de los datos registrados por la sonda de nivel. La ecuación del punto P4 puede aplicarse para calados sobre el vertedero de hasta 12 cm. Durante uno de los aforos se alcanzó un valor de 15 cm, pero el vertido dejaba de ser libre y la ecuación sobreestima el caudal circulante.

En cuanto al punto P6, actualmente se ha disminuido la altura del vertedero y se encuentra muy obstruido por la vegetación, por lo que es necesario comprobar con futuros puntos, la validez del coeficiente calibrado. En este punto, el calado máximo medido sobre el vertedero es 8.5 cm.

4.4. Tiempos de retención hidráulica

En el DEG, en relación al Tancat de Milia, se definen valores de *carga hidráulica superficial (CHS)* y *tiempo de retención hidráulica (TRH)* para cada una de las líneas de flujo. Durante el año 2014 se han controlado las variables que influyen en la determinación de ambos, para comprobar que se aproximan a los deseados.

La CHS se define como el volumen de agua a tratar por metro cuadrado de superficie y por unidad de tiempo ($m^3\ m^{-2}\ d^{-1}$).

El TRH, definido como el tiempo de permanencia del agua a tratar en la celda, se calcula teóricamente como el volumen de la celda (m^3), dividido por el caudal de entrada (m^3/d). Calculando el TRH de esta manera, se asume que el caudal de entrada es igual al de salida, y constante durante el periodo de tiempo considerado, que el calado dentro de la celda no varía (no se acumula ni pierde volumen) y que el agua de entrada se distribuye por toda la superficie de la celda (sin que se creen zonas muertas en las esquinas/laterales).

En las celdas del Tancat de Milia, debido al funcionamiento discontinuo del bombeo, el caudal de entrada no es igual al caudal de salida, como se constata en las mediciones realizadas durante los aforos. De hecho, en las celdas del subsector B1, existen periodos de tiempo entre muestreos en los que el caudal circulante es nulo. Además, pese a que las entradas se limpian periódicamente para que el caudal entrante se distribuya correctamente en todas las direcciones del humedal, es difícil evitar por completo las zonas muertas. En las celdas donde existe mucha vegetación, ésta obstaculiza el flujo y aumenta el TRH.

Con los datos disponibles hasta la fecha, no es posible estimar un TRH de manera más fiable –realista- que aplicando las ecuaciones teóricas (sería necesario poder controlar la evolución continua de los caudales de entrada y salida a lo largo del día de manera simultánea). En la Tabla 4.1 se recogen los valores de estos CHS y TRH para la línea de flujo Este. Los niveles (valores de calado) dentro del sector se han medido cada 3 meses aproximadamente, no mostrando variaciones muy importantes.

Los valores definidos en DEG para esta línea eran una CHS de 0.060 m^3/m^2d y un TRH de 5 días. Como los valores de caudal medio son inferiores a los previstos en DEG, los valores de CHS son en general inferiores a los previstos (a excepción de los meses en los que todo lo que se bombea entra a BE). En cuanto al TRH, se obtienen valores superiores por ser los caudales más pequeños, ya que los calados están en torno al previsto (0.3 m)

En el caso del sector A de flujo subsuperficial, durante cierto periodo de tiempo sí se ha dispuesto de un control continuo de los caudales de entrada (por bombeo) y los caudales de salida (los entrantes a B1E) gracias a la instalación de la sonda de nivel.

Tabla 4.1 Cargas Hidráulicas Superficiales y Tiempos de Retención Hidráulica para la línea de flujo Este.

	Caudal medio (m^3/d)	Carga hidráulica superficial ($m^3m^{-2}d^{-1}$)	Calado B1E (m)	Calado B2E (m)	TRH B1E (d)	TRH B2E (d)	TRH BE (d)
15/01/2014	1793	0.0373	0.35	0.28	3.5	4.7	8.2
05/02/2014	1792	0.0373	0.35	0.28	3.5	4.7	8.3
26/02/2014	1556	0.0324	0.35	0.28	4.1	5.4	9.5
12/03/2014	1505	0.0313	0.35	0.28	4.2	5.6	9.8
02/04/2014	1525	0.0317	0.35	0.28	4.1	5.5	9.7
24/04/2014	1613	0.0336	0.35	0.28	3.9	5.3	9.2
14/05/2014	1997	0.0416	0.28	0.32	2.5	7.1	9.6
04/06/2014	2471	0.0514	0.28	0.32	2.0	5.7	7.8
25/06/2014	3099	0.0645	0.28	0.32	1.6	4.5	6.1
16/07/2014	2771	0.0577	0.33	0.25	2.1	3.9	6.1
30/07/2014	1918	0.0399	0.33	0.25	3.1	6.0	9.1
27/08/2014	2455	0.0511	0.33	0.25	2.4	4.6	7.0
24/09/2014	2013	0.0419	0.33	0.25	3.0	5.6	8.5
15/10/2014	2446	0.0509	0.33	0.25	2.4	4.5	6.9
29/10/2014	2820	0.0587	0.33	0.25	2.1	2.7	4.8
19/11/2014	1895	0.0394	0.33	0.25	3.1	4.0	7.1
11/12/2014	1795	0.0374	0.33	0.25	3.3	4.1	7.4

En las gráficas de las Figuras 4.14 y 4.15 se representa de manera conjunta el bombeo (en línea discontinua) y la respuesta de la sonda (en línea continua, ya convertida en caudal).

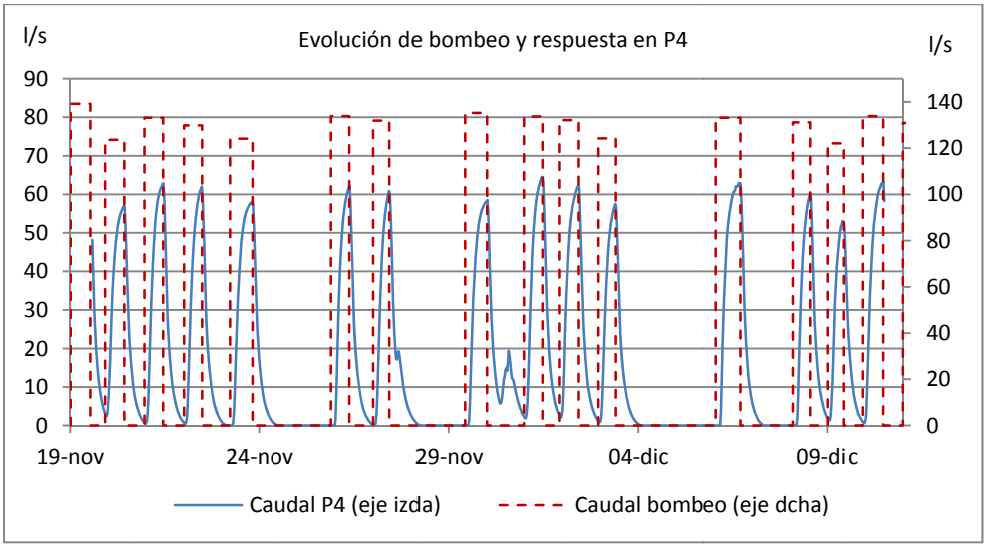

Figura 4.14. Caudales bombeados de entrada al tancat y respuesta en punto P4 (entrada B1E)

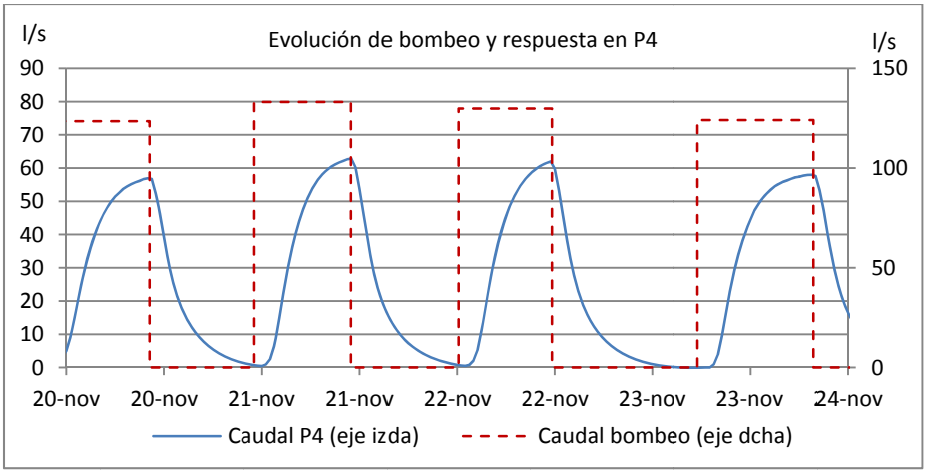

Figura 4.15. Detalle de la gráfica anterior durante cuatro días de bombeo

Analizando los bombeos que se llevaron a cabo en este periodo de manera individual, se observa en cada uno de ellos como el sector A transforma un bombeo fuertemente discontinuo (pulso rectangular) en una respuesta a la salida del sector más continua y suavizada, con tramos transitorios de aumento y disminución de caudales, y un tramo que se aproxima a un régimen cuasi estacionario cuando se lleva un cierto número de horas bombeando.

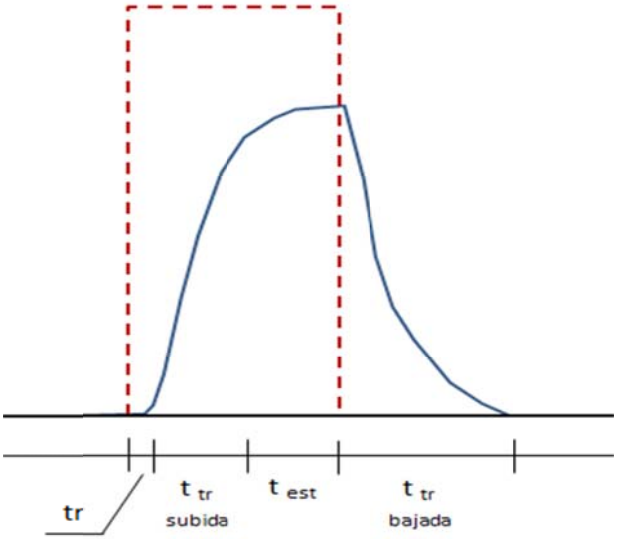

Figura 4.16. Esquema general de respuesta del punto P4 frente al bombeo

En término medio, el nivel en el canal a la salida del sector A empieza a subir a las 1.5 horas del inicio del bombeo (tiempo de respuesta, t_r); los caudales aumentan rápidamente hasta que se ha bombeado durante unas 7 u 8 horas (transitorio de subida), y a partir de ahí comienzan a estabilizase; el descenso se produce a la media hora del paro de las bombas, y el caudal va disminuyendo hasta anularse unas 14 horas después de la parada de las bombas (transitorio de bajada). De manera que, el pulso rectangular tipo de bombeo que es de 11 horas, se transforma en una respuesta a la entrada a la línea de flujo superficial Este de unas 25 horas de duración. No obstante, si bien este esquema de funcionamiento se mantiene, los tiempos de cada una de las fases descritas dependen de la duración del bombeo y del modo de funcionamiento en relación al reparto de caudales entre las diferentes líneas de flujo.

4.5 Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2014, así como las acciones llevadas a cabo para poder solucionarlas.

Fecha	Incidencia	Solución
15/01/2014	El régimen hidráulico es claramente transitorio. En el momento de las mediciones (aprox. 11 de la mañana) el agua no circula por todas las celdas.	Se propone la realización de un muestreo continuado para analizar la respuesta del sistema frente al modo de operación habitual del bombeo. A partir de los resultados obtenidos en este muestreo se fijará el momento más adecuado para realizar las mediciones. Se decide practicar cortes en los tablones existentes en las compuertas, creando zonas de vertido de unos 60 cm de longitud, para evitar el problema detectado de ausencia de vertido en el punto P4 y posteriores.
	El calado en la celda B1E (0.5 m) es superior al propuesto en la gestión (0.3 m).	Se decide practicar un corte en el tablón de la compuerta de salida, creando zona de vertido de unos 60 cm de longitud, y así rebajar el calado.
02/04/2014	Poco bombeo en días anteriores. No circula caudal aguas abajo de P5.	Se procede a instalar un sistema de encendido y apagado remoto de las bombas para tener un mejor control sobre el bombeo, y evitar este tipo de incidencias.
15/05/2014	No se puede muestrear por incidencias climatológicas	Se pospone la visita
04/06/2014	Caudal circulante en sentido contrario en salida de B1C. El agua que sale de B1E se desvía y no entra en B2E.	Cierre de compuertas en salida de B1C. Se bajan los niveles en el canal de distribución para evitar recirculación en sentido contrario.
	Por el punto P7 pasa menos caudal del esperado porque hay dos compuertas abiertas aguas arriba que deberían estar cerradas.	Se cierran dichas compuertas y se comprueba que siguen cerradas cada vez que se muestrea.
	Un análisis de los datos de bombeo demuestra la ineficiencia de bombear con 2 bombas a la vez	Se reprograman los bombeos para que se realicen en periodo nocturno y de una manera más eficiente.
15/08/2014	Se procede al secado de los sectores B1C y B2O para replantarlos. Se bombea menos agua al humedal.	Se pospone la visita por no existir caudal circulante
11/09/2014	Debido a fugas y recirculación, es difícil sellar los sectores replantados. Se bombea mucho menos y de manera muy discontinua.	Se tienen en cuenta las discontinuidades en el régimen de bombeos, y se llevan a cabo en el humedal las operaciones necesarias para aislar al máximo posible los sectores afectados. Entre ellas está la construcción de una mota de separación en el canal intermedio de distribución entre BE y BC, o la disminución de altura en el tablón-vertedero a la salida de B2E.

	Se detectan fugas en la entrada al sector B1C, que ha de permanecer cerrada para mantener seco este sector.	Se tiene en cuenta este caudal, pero se restablece el régimen normal de bombeos.

4.5. Propuesta de mejoras

La mayoría de cuestiones descritas en el epígrafe anterior sobre incidencias han sido ya tenidas en cuenta. De manera que, las mejoras que de ellas se derivan han sido llevadas a cabo (rebajes de labio de vertido para mantener niveles coherentes con el DEG en las celdas, sistema remoto de control del bombeo, reprogramación de la estrategia de bombeo y ejecución de mota en canal intermedio).

No obstante, algunas de ellas exigen vigilancia y mantenimiento, y también son necesarias, a nuestro juicio, ciertas actuaciones para la mejor estimación de alguno de los parámetros clave dentro de la estrategia planteada en el DEG. Así, se debiera:

- Controlar y mantener la mota entre BE y BC, en el canal de distribución central, para que no haya recirculación ni entrada en sentido contrario por BC1.
- Despejar (desbroces locales) los vertederos para poder ajustar ecuaciones (en especial el de P6)
- Regular únicamente con la compuerta de P7 (la última del canal) la entrada a la laguna como medida para un mejor control (cuantificación) de los caudales entrantes a la misma.
- Analizar, con ayuda de los equipos de calidad, el TRH del sector subsuperficial (aumentando p.e. la conductividad aguas arriba y viendo cuando "llega" esa agua al final del sector).
- Instalar 2 sondas de nivel de manera simultánea aguas arriba y aguas abajo de cada celda de la línea de flujo Este del sector B completo (para eso el vertedero tiene que funcionar bien) para una mejor estimación de los TRH en cada una de ellas y por ende en el sector.

5. TANCAT DE L'ILLA

5.1. Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo

La entrada al Tancat de L'Illa, situado al Sur de l'Estany de la Plana, se lleva a cabo mediante bombeo. El volumen previsto en el DEG se proporciona bombeando de forma discontinua, durante 8 horas al día a 400 m^3/h. Debido a esta característica, el caudal circulante por los distintos puntos monitorizados (sobre todo aquellos situados más aguas arriba) varía en función de la hora del día a la que se aforen. Así, de manera análoga al Tancat de Milia, es necesario muestrear en distintos instantes de tiempo para poder caracterizar la evolución de los caudales a lo largo del día.

Sin embargo, en este humedal sólo ha sido posible realizar el aforo de caudales dentro de las 8 horas que dura el bombeo. El bombeo se realiza siempre durante el día, y no es posible hacer campañas de monitorización durante la noche. Así pues, parte de la descripción del funcionamiento hidráulico del humedal que se expone a continuación está basada en hipótesis teóricas, y se apoya en observaciones realizadas en situaciones de funcionamiento extraordinario del humedal.

En funcionamiento normal, el agua se impulsa hasta el punto P1, aguas arriba del sector A, de flujo subsuperficial, a través de una arqueta de la que también se coge agua para el riego de los campos de arroz colindantes con el humedal (Figura 5.1).

Figura 5.1. Arqueta de entrada por bombeo al sector subsuperficial (Sector A)

Como se observa en el esquema de la Figura 5.2, el agua atraviesa en primer lugar las dos celdas del sector A (A1 y A2), y desde éstas se distribuye a las primeras celdas de cada una de las líneas de flujo superficial (B1.1, B2.1, B3.1 y B4.1). Las tres líneas consideradas en este humedal son B1+B2, B3 y B4. La celda B1.1 tiene la particularidad de encontrase situada fuera del recinto del Tancat, que está delimitado por la carretera que lo rodea perimetralmente. Esta particularidad hace que este sector se encuentre menos aislado de los campos de arroz y que, por tanto, sea

más susceptible de conectarse con éstos mediantes flujos subterráneos a través de las motas que los separan. La compuerta de conexión del sector A con la celda B1.1 no ha permanecido abierta todo el año, pero ésta ha seguido llenándose por otras conexiones dentro de la línea B1+B2. Los puntos monitorizados están representados en la Figura 5.3.

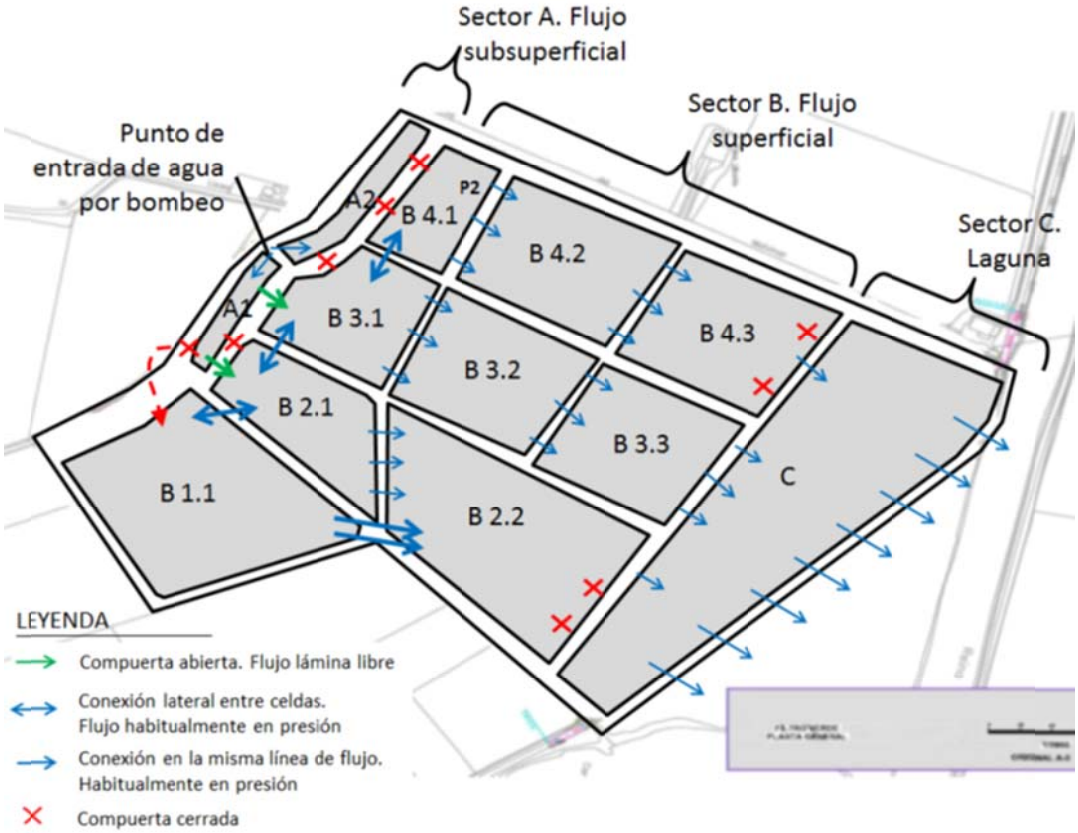

Figura 5.2. Esquema de funcionamiento hidráulico del Tancat de l'Illa

Figura 5.3. Esquema de puntos de muestreo del Tancat de l'Illa

Las cuatro primeras celdas a las que llega el agua están conectadas lateralmente a través de tubos de gran diámetro (1 metro), que funcionan en presión o lámina libre (en función del calado existente en cada celda). A su vez, las celdas B2.1, B3.1 y B4.1 están conectadas con las celdas inmediatamente aguas abajo (B2.2, B3.2 y B4.2) mediante 3 tubos cada una, de 27 cm de diámetro, que funcionan habitualmente en presión. El humedal está construido de manera que el flujo principal sea desde el sector A hacia el sector C en cada línea de flujo. Sin embargo, estas conexiones se realizan en presión y a través de tubos más pequeños, y los flujos laterales cobran importancia en las ocasiones en las que la diferencia de nivel entre las primeras celdas es importante.

Las diferencias de nivel se producen principalmente por la distribución irregular de flujo desde el sector A. Pese a que, en principio, tanto el subsector A1 como el A2 disponen de 3 puntos de conexión con los sectores de flujo superficial, en la práctica, sólo dos compuertas del sector A1 se encuentran abiertas. Esto se debe a que el sector A2 tiene numerosas fisuras en la mota que lo separa de los sectores superficiales, y a través de ellas parte del flujo entra en los sectores B3.1 y B4.1. Si las compuertas se encuentran abiertas, el subsector A2 se vacía en poco tiempo y no es posible mantener el nivel de agua necesario para su correcto funcionamiento.

Así pues, las compuertas de A2 están siempre cerradas, y el agua entra al sector B por dos compuertas que conectan A1 con B2.1, y B3.1 (representadas por flechas verdes en el esquema). Desde estas celdas, el agua pasa a B2.2 y a B3.2, pero también lateralmente desde B3.2 a B4.2.
Por otra parte, la celda B1.1 recibe agua desde el sector A1 si la compuerta de unión está abierta, pero si no lo está (lo que ha sucedido durante parte del año 2014), el sector se llena durante el tiempo que se está bombeando a través de la conexión con B2.1. Cuando finaliza el bombeo y empiezan a bajar los niveles, la celda B1.1 aporta parte del agua almacenada a este sector.

Los tubos de conexión entre celdas están situados a una cota inferior a la del fondo de las celdas, de manera que sea posible vaciar éstas si es necesario. Pero esta localización hace que, a menudo, se acumulen sedimentos aguas arriba de la entrada y los tubos se obstruyan.

En puntos monitorizados, estas entradas se han ido vaciando periódicamente, pero en la conexión entre B2.1 y B2.2, que no se monitoriza, los tubos han acabado completamente obstruidos, y por tanto prácticamente no existe flujo entre estos sectores. Así, el flujo que llega a B2.1 sale lateralmente hacia B1.1 o hacia B3.1, y a la celda B2.2 llega agua a través de dos tubos que lo conectan con el sector B1.1.

Figura 5.4. Puntos de conexión aguas arriba y aguas debajo en el sector de flujo superficial.

La conexión entre B3.2 y B3.3, y entre B4.2 y B4.3 se realiza a través de 3 tubos en cada celda que también funcionan habitualmente en presión (Figura 5.4). Por último, desde las últimas celdas de los sectores superficiales (B2.2, B3.3 y B4.3), el agua fluye hacia la laguna (Sector C). En este caso, los tres tubos de conexión existentes en cada celda disponen de una compuerta aguas arriba. En las celdas laterales (B2.2 y B4.3), sólo una de estas compuertas está abierta, para forzar la circulación de un caudal mayor por la celda central, B3.3, que tiene las tres compuertas abiertas.

Desde la laguna, el agua sale de nuevo hacia l'Estany a través de 8 puntos, que funcionan en lámina libre. Dos de estos puntos están situados a menor cota, y son los que primero empiezan a desaguar. El resto están situados a una cota ligeramente superior.

No obstante, debido a una fuga (no detectada durante los primeros meses del año) existente en una arqueta conectada con la laguna (por la que se realiza el vaciado de la misma cuando es necesario) el agua ha estado saliendo de la laguna hacia l'Estany sin que fuera posible cuantificarla. Los puntos por los que tendría que haberse realizado la salida no han entrado en funcionamiento hasta los últimos meses del año. En estos meses, el nivel en los campos de alrededor (y en la arqueta), han sido mucho más altos de lo normal (debido a las tareas de inundación de los campos posteriores a la siega y previos al "fangueo" y arado). En el mes de diciembre, los niveles de todo el Tancat han aumentado de manera considerable, y sí han podido aforarse caudales de salida por gravedad.

5.1.1 Monitorización puntual

Las tareas de monitorización de la acción B1 en el Tancat de L'Illa, durante el año 2014, se centran en las celdas de flujo superficial de las líneas de flujo B3 y B4, y la laguna (sector C). Se aforan caudales de manera periódica (cada tres semanas) en 8 puntos representativos, que son los siguientes:

- Entrada al Tancat de L'Illa: punto P1
- Conexiones entre las celdas de flujo superficial: P2 y P4 (puntos de conexión entre los sectores B4-1, B4-2 y B4-3) y P3 y P5 (puntos de conexión entre los sectores B3-1, B3-2 y B3-3)

- Puntos de desagüe de las celdas de flujo superficial a la laguna (P6, P7 y un punto adicional. PA, correspondientes a las salidas de los sectores B4-3, B3-3 y B2-2, respectivamente). El punto de salida de B2.2 no estaba contemplado inicialmente, pero se añadió al no existir prácticamente nunca salida por los puntos de desagüe de la laguna. Así es posible estimar, con más precisión, el agua que entra.
- Salida de la laguna de reserva: punto P8

En estos puntos, el aforo de caudales se realiza midiendo sección útil en los tubos (que suelen encontrarse parcialmente aterrados), y velocidad con mini molinete (Figura 5.5). Además, también se mide el calado en la celda situada aguas arriba de todas las conexiones.

Figura 5.5. Aforo con minimolinete de uno de los tubos de conexión entre celdas

5.1.2 Situaciones de funcionamiento extraordinario

Como se ha comentado, durante el año 2014 el humedal del Tancat de L'Illa estuvo funcionando de manera singular en dos periodos. En estos periodos, se realizó un seguimiento de la evolución de niveles y aforo de caudales en todo el humedal para ampliar el conocimiento sobre su funcionamiento hidráulico.

El primero de estos periodos fue el de febrero de 2014. Durante este mes, se llevó a cabo el vaciado de la laguna, y para ello se cerraron todas las compuertas de conexión con los sectores superficiales, y se dejó de bombear agua al humedal. El objetivo del seguimiento de niveles era detectar posibles flujos subterráneos desde el Tancat hacia los campos de arroz de los alrededores, que se encontraban completamente secos en ese momento. Se observó cómo los sectores fueron vaciándose progresivamente hasta que alcanzaron un nivel mínimo, que no siguió disminuyendo.

El segundo periodo se corresponde con los meses de octubre y noviembre. Durante estos meses, debido a varias tormentas, el agua del mar entró en l'Estany de la Plana haciendo que su conductividad aumentara, y que no fuera recomendable bombear agua al humedal. En un principio, este periodo se empleó para reducir los niveles en los sectores y poder llevar a cabo las tareas previstas de siega de la vegetación. Sin embargo, pasadas varias semanas, se inundaron los campos de arroz con agua proveniente del Júcar, y se observó cómo el nivel en los

sectores superficiales y en la laguna aumentó hasta unos 40 cm sin que se bombeara agua al humedal.

En ambos casos, es evidente que existe un flujo entre los campos de arroz y el humedal, de manera que si la diferencia de niveles entre ambos es importante, se produce un flujo desde aquel que tiene mayor nivel. Este flujo es especialmente importante a lo largo del perímetro del sector B1.1, ya que es el que está en contacto directo con los campos.

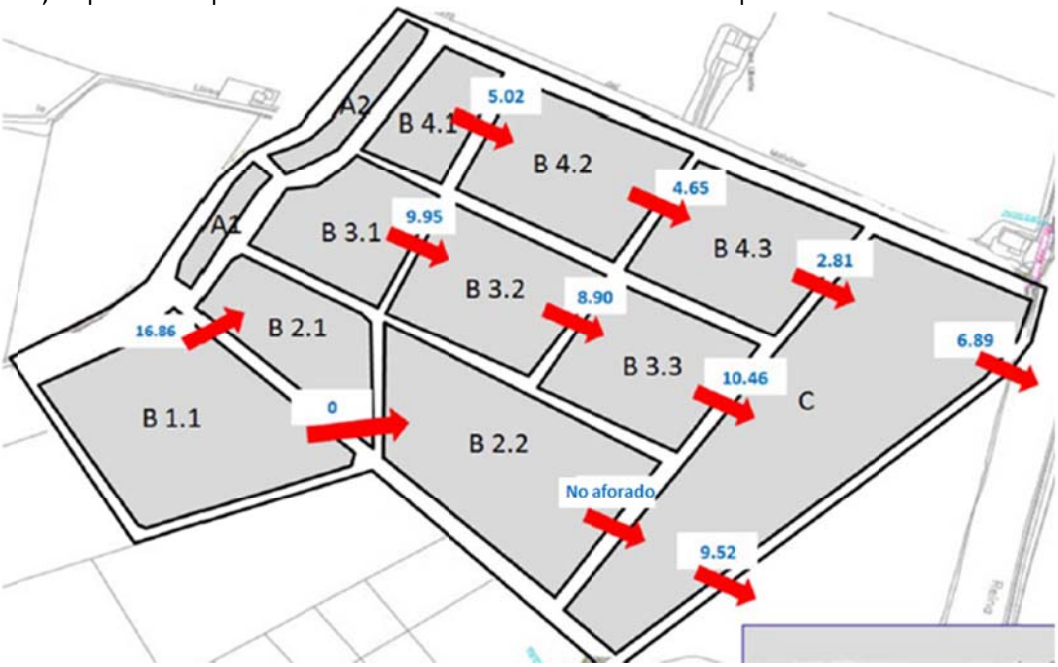

Figura 5.6. Caudales aforados durante uno de los periodos de funcionamiento singular del Tancat (valores en l/s).

El esquema de flujos que se muestra en la Figura 5.6, correspondiente a una medición realizada a finales del mes de noviembre, representa una situación de flujo permanente entre los campos de arroz (único aporte posible de caudal al sector B1.1) y el Tancat de l'Illa. El caudal, de casi 17 l/s, supone un aporte diario de 1470 m^3 al día (prácticamente la mitad de los 3200 m^3 previsto en el DEG). Como conclusión, la conexión del Tancat con el sector B1.1 impide aislarlo hidráulicamente de los campos de arroz. Además, en esta situación extraordinaria, este sector está alimentando a todo el sistema, pues se observan caudales también en las líneas B3 y B4, gracias a las conexiones laterales de las celdas situadas más aguas arriba.

5.2. Gráficos

5.2.1. Caudales objetivo definidos en Estrategia de Gestión y caudales aforados

Para mantener las cargas hidráulicas definidas en la DEG, el caudal medio diario de entrada al Tancat de l'Illa ha de ser de 27 l/s. De éstos, 18 l/s han de entrar a la línea de flujo B3, mientras que B1+B2 y B4 reciben 4.5 l/s, respectivamente. Para conseguir que circule más caudal por el sector central, todas sus compuertas de conexión a la laguna, aguas abajo, están abiertas. Las líneas B2 y B4, al contrario, sólo tienen una compuerta abierta cada una.

En el gráfico de la Figura 5.7 se representa, a la izquierda, el caudal medio diario bombeado. Este caudal se ha calculado dividiendo el volumen bombeado cada día entre 24 horas, y se puede observar que se mantiene muy constante (a excepción de los meses de vaciado de la laguna, en febrero, y de cese del bombeo por excesiva salinidad del agua de l'Estany, en octubre y noviembre).

En este humedal, el bombeo se realizaba durante las 8 horas de jornada laboral (aproximadamente entre las 8:00 y las 16:00 horas), con una bomba que funciona a 400 m^3/h. Este volumen, de 3200 m^3, supone un caudal medio diario de 37 l/s (superior al objetivo), pero si se tiene en cuenta que no se bombea ni fines de semana ni días festivos, el cómputo global da como resultado un caudal ligeramente inferior al objetivo. En la gráfica de la derecha, el caudal se ha obtenido dividiendo el volumen total bombeado entre periodos de muestreo por el número total de días naturales en el periodo. Los caudales más bajos corresponden nuevamente a las dos situaciones extraordinarias ya comentadas.

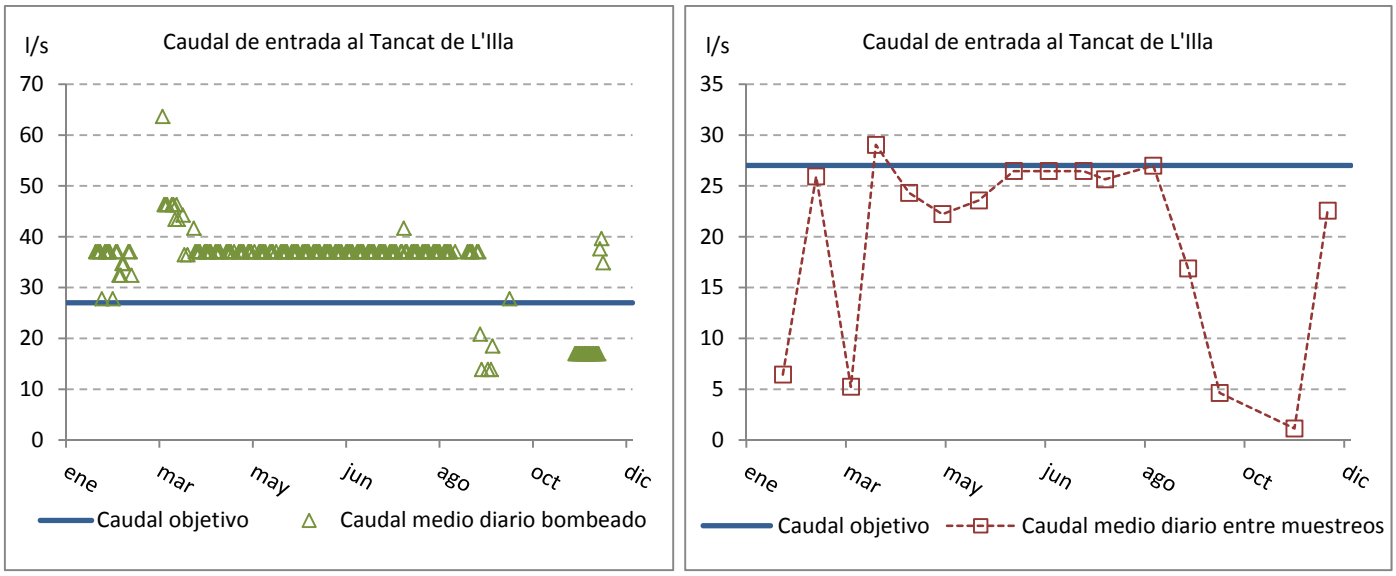

Figura 5.7. Caudales de entrada por bombeo al Tancat de l'Illa

Estos caudales se reparten desde el sector A según lo descrito en el epígrafe *5.1* Durante el año 2014 se han monitorizado todos los puntos en instantes temporales distintos (entre 30 minutos y 8 horas después del inicio del bombeo), y se han analizado posteriormente en función del volumen inyectado al sistema en el momento del aforo.

En las gráficas de la Figura 5.8 se representan los caudales aforados en el punto P3, a partir del mes de marzo, que es cuando el sistema empezó a funcionar con normalidad. En la gráfica de la izquierda se representan los valores tomados cada día de medición, mientras que en la de la derecha se han ordenado en función del volumen bombeado al sistema en el momento de la medición.

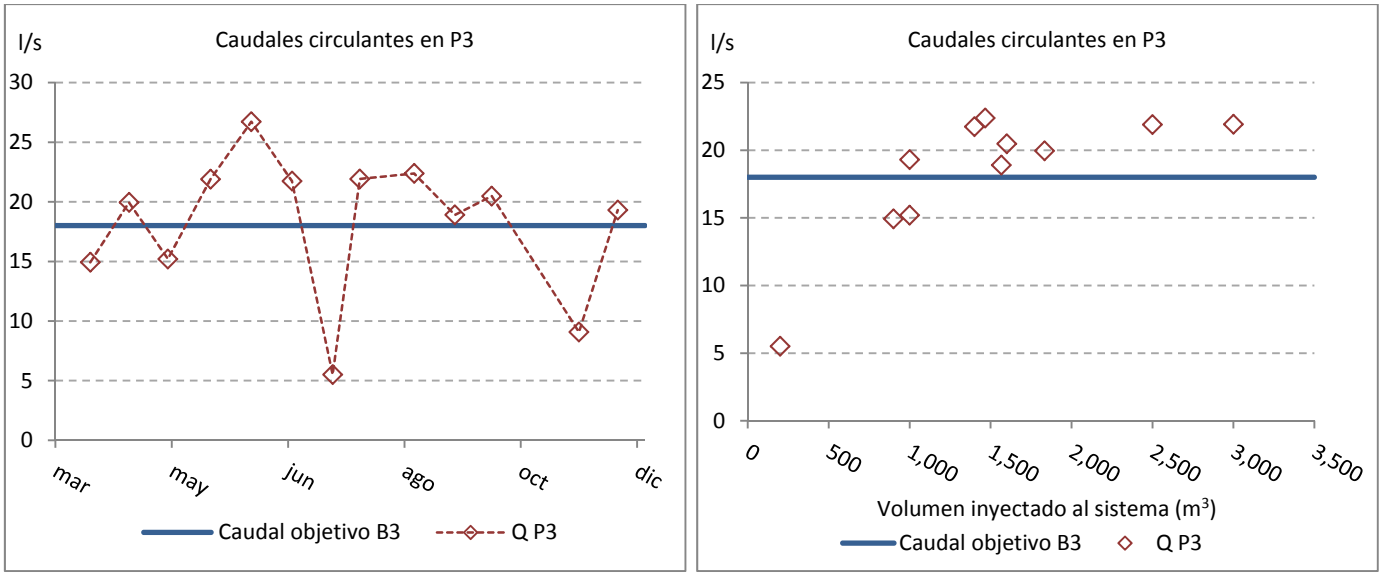

Figura 5.8. Caudales aforados en el punto P3 (conexión B3.1 – B3.2)

Para el punto P3, se observa cómo el caudal va aumentando conforme se inyecta volumen en el Tancat, hasta estabilizarse en un valor de aproximadamente 22 l/s.
En las gráficas de la Figura 5.9 se representan los mismos resultados para el punto P2

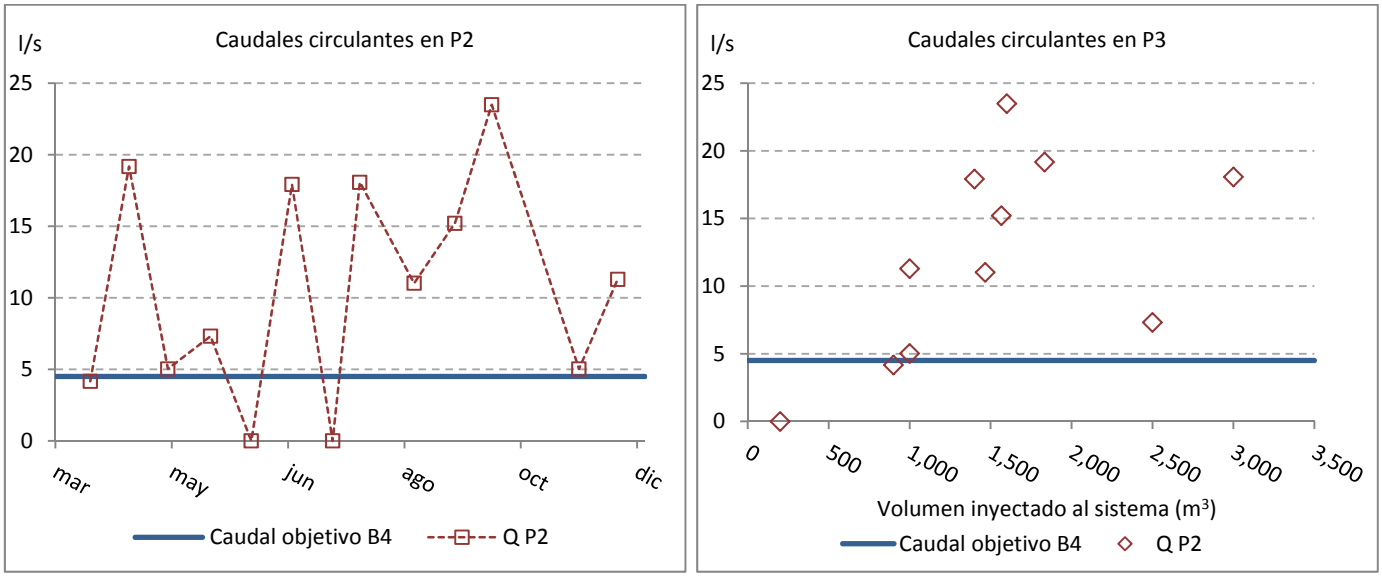

Figura 5.9. Caudales aforados en el punto P2 (conexión B4.1 – B4.2)

En este punto, los caudales circulantes no presentan una tendencia tan clara a aumentar conforme lo hace el volumen inyectado al sistema. Esto se debe a que el sector B4.1 sólo recibe agua bombeada de manera directa a través de fisuras en la mota que lo separa del sector A2, y no directamente desde compuertas, como es el caso del sector B3.1. El sector B4.1 recibe mayor aporte desde la conexión lateral con B3.1, que se realiza en presión. Con los datos obtenidos en este año se observa cómo la diferencia de caudales aforados entre P2 y P3 es menor cuanta más diferencia de niveles existe entre estos dos sectores, como se representa en la gráfica derecha de la Figura 5.10.

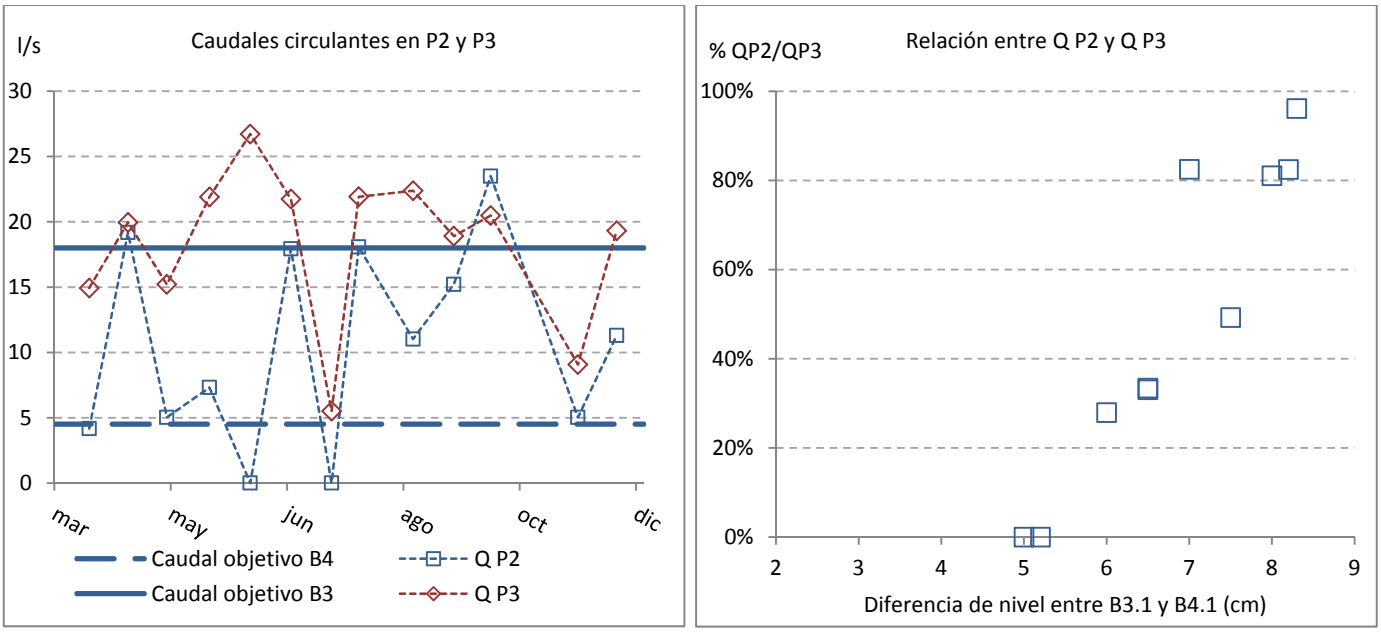

Figura 5.10.Relación entre los caudales circulantes por P2 y P3

Lo que de esta gráfica se deduce es que, cuando el nivel es mucho mayor en B3.1 que en B4.1, a este último le llega un mayor volumen de agua por medio de la conexión lateral entre estos sectores. Si, por el contrario, la diferencia de niveles no es grande, desde el sector B3.1 puede estar circulando caudal de manera lateral hacia el sector B2.1.

En cualquier caso, se observa que el mayor caudal aforado entre los sectores B3.1 y B4.1 es de 35 l/s. Este caudal es muy inferior al que se está bombeando (110 l/s), incluso si se tiene en cuenta el caudal circulante por la línea B2 (que será similar al de la línea B4). Esto quiere decir que parte del volumen bombeado se acumula en los sectores situados más aguas arriba (incluso en B1.1) durante el bombeo. Cuando éste cesa, es de esperar que un caudal similar se mantenga durante un tiempo, hasta que se equilibren los niveles en los sectores aguas arriba y aguas abajo de la conexión y el caudal vuelva a ser cero.

En cuanto a los caudales circulantes en los siguientes 4 puntos monitorizados hasta la conexión con la laguna (P4 a P7), los valores son en general más bajos que los aforados aguas arriba (Figura 5.11). Probablemente, los caudales circulantes en estos puntos sean más constantes a lo largo del tiempo, y acusen menos las discontinuidades del bombeo que aguas arriba. En especial, en el caso del punto P6 (conexión entre la línea B4 y la laguna), donde sólo existe una compuerta abierta, se observa un caudal más constante y cercano al objetivo de gestión de esta línea de flujo.

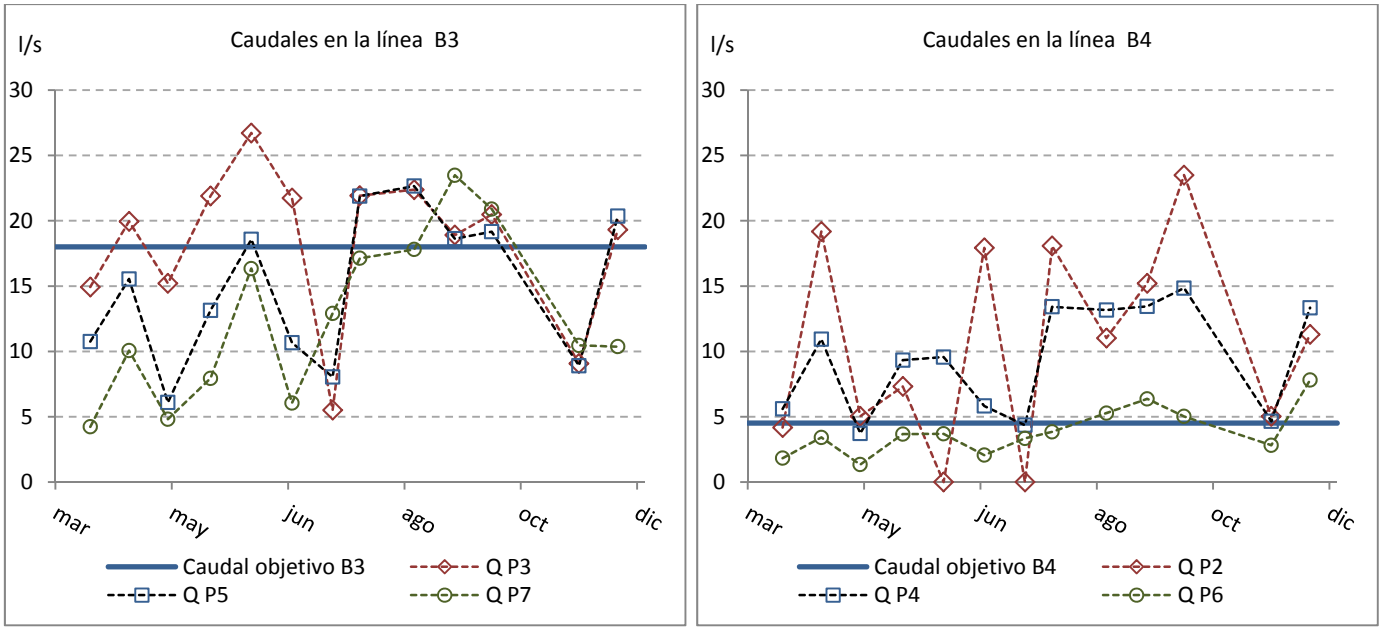

Figura 5.11. Caudales aforados en las línea de flujo B3 y B4

Respecto al caudal de entrada a la laguna, desde julio de 2014 se monitorizan las entradas desde las tres celdas de flujo superficial; estas son las de los puntos P6, P7 y PA, que conectan las celdas B4.3, B3.3 y B2.2, respectivamente.

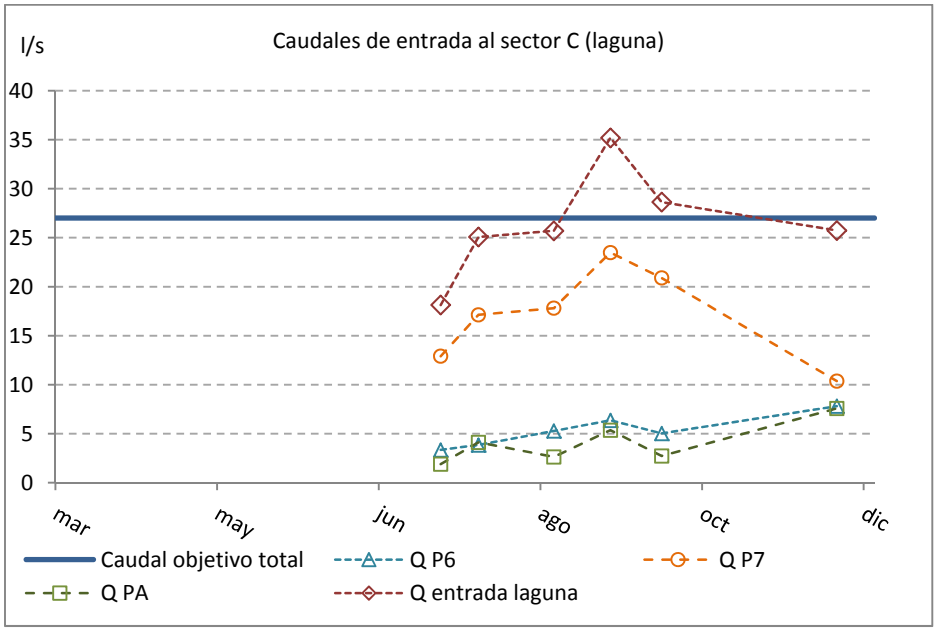

Figura 5.12. Caudales de entrada al sector C (laguna)

En la Figura 5.12 se observa como el mayor aporte a la laguna es la celda B3.3, que tiene todas las compuertas de conexión abiertas. Nótese que en el último punto no se aprecia una diferencia tan grande; es posible que se haya producido alguna obstrucción en el punto donde se realiza normalmente el aforo, por lo que en la próxima visita se aforarán las tres salidas de la celda B3.3.

5.2.2. Volúmenes tratados en los sectores monitorizados

Al no disponerse de la evolución de caudales en cada uno de los puntos monitorizados a lo largo de todo el día (entre dos bombeos consecutivos), no es posible calcular el volumen de agua que atraviesa cada una de las conexiones entre sectores. La presencia de caudales máximos en los puntos situados más aguas arriba, que no superan en conjunto al caudal bombeado, hace pensar que las celdas Bi.1 acumulan agua durante el bombeo, y la van desaguando cuando éste cesa.
Como aproximación a los volúmenes que trata cada sector, se toma como referencia de porcentaje de caudal circulante por cada línea de flujo durante la situación estacionaria que se aforó en el mes de noviembre (ver esquema de la Figura 2). Según el reparto de caudales, la línea de flujo B3 trata el 58% del caudal que ingresa en el sistema, mientras que la línea B4 trata el 25%.

Por otra parte, durante los muestreos se ha observado un caudal circulante por la salida de B2.2 muy similar al del sector B4.3, por lo que se puede suponer que la línea B2 trata también un porcentaje cercano al 25% (ver Figura 7). Esto es coherente con el caudal aforado en la salida de la laguna, de aproximadamente el 97% del caudal de entrada. El balance se cerraría con las pérdidas por evapotranspiración, la precipitación sobre el humedal, y las posibles entradas/salidas a la laguna desde la fuga no controlada.

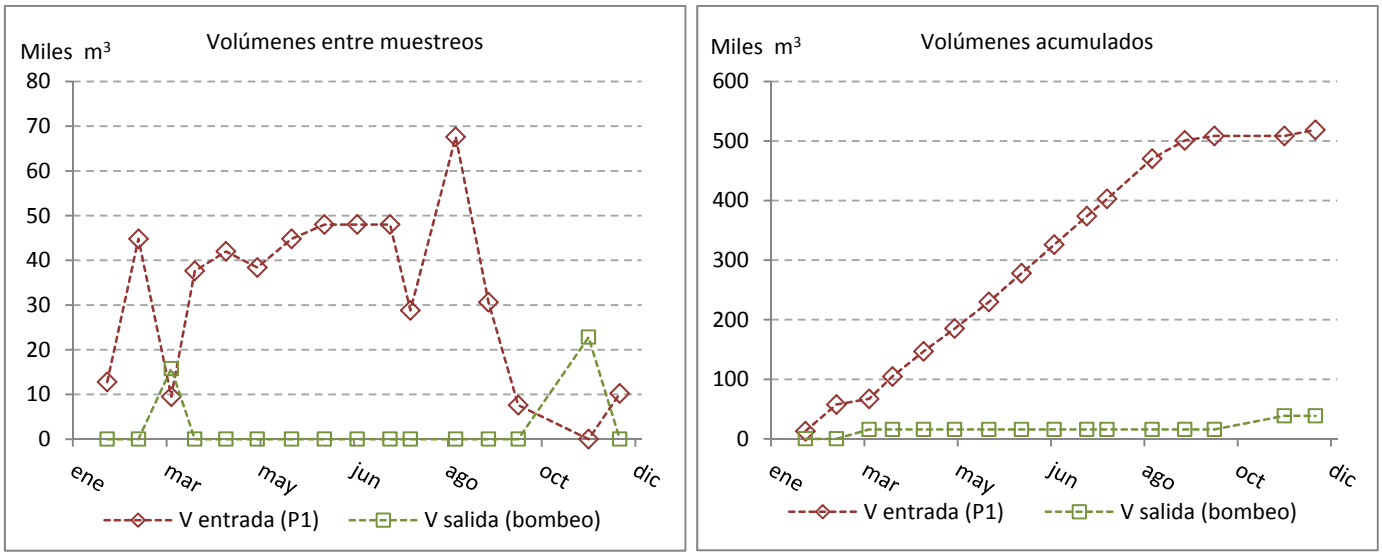

Figura 5.13. Volúmenes inyectados y extraídos del sistema por bombeo

En las gráficas de la figura 5.13 se representan los volúmenes de entrada y salida del Tancat que se han efectuado mediante bombeo. En las entradas, se observa una disminución tanto en los meses de secado de la laguna (febrero – marzo), como a partir de octubre, cuando no se podía inyectar agua desde la Plana por excesiva salinidad. Durante el mes de noviembre no se han representado las entradas por gravedad desde los campos de arroz, que se estiman en unos 40,000 m^3.

En cuanto a las salidas, también se han representado únicamente las extracciones realizadas por bombeo. Las del mes de octubre se realizaron para poder bajar el calado en los sectores donde era necesario segar la vegetación y, además, también se cedió agua de la laguna a regantes que no podían aprovechar el agua de l'Estany en esta época. El agua que sale del humedal por gravedad no ha podido cuantificarse, como se ha dicho anteriormente, por no realizarse a través de las secciones de salida de la laguna. Cuando los campos de arroz estaban secos, parte del agua bombeada pudo salir también a través del sector B1.1.

Asumiendo los repartos de caudal observados entre cada línea de flujo, el sector central (B3) habría tratado unos 250,000 m^3 de agua (un 50% del agua bombeada), mientras que el sector B4 habría tratado entre 130,000 y 170,000 m^3 (entre el 25-30%). Con los caudales máximos aforados y expuestos en el epígrafe anterior, estos volúmenes supondrían que por las conexiones entre sectores aguas arriba circula agua hasta unas 12 horas después del paro del bombeo, mientras que por las conexiones a la laguna circula agua de manera continua. Esto ha de comprobarse con monitorizaciones adicionales durante el año 2015.

5.3. Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2014, así como las acciones llevadas a cabo para poder solucionarlas.

Fecha	Incidencia	Solución
12/02/2014	Las conexiones entre sectores superficiales están bloqueadas por sacos de arena. No existe flujo.	Se lleva a cabo la puesta a punto del humedal, abriendo todas las conexiones y señalizando los puntos de medida.
	Se inicia el proceso de vaciado de la laguna según programa establecido.	No se miden caudales durante este periodo, sino que se realiza una campaña de seguimiento de niveles en los sectores para analizar el vaciado del mismo.
02/07/2014	No se observa salida en punto P8 (de la laguna a l'Estany).	No se ha podido aforar la salida de la laguna en ningún muestreo por no circular caudal diurnamente. Se decide añadir a los puntos de muestreo la tercera entrada a la laguna, desde el sector B2-2.
24/09/2014	La conductividad en l'Estany de la Plana es demasiado alta y no se puede bombear agua al humedal.	Se decide recircular el agua desde la laguna hacia el punto P1, aislando el sistema de l'Estany, en cuanto a entradas.
13/10/2014	Debido al cambio en la empresa encargada de la gestión del humedal, a la alta conductividad de l'Estany y a las operaciones de siega, se suspende temporalmente el bombeo de entrada.	Se monitoriza el Tancat en un estado previo al nuevo inicio del bombeo para obtener la nueva condición de partida. El humedal se está llenando por gravedad debido a filtraciones de los campos
27/11/2014	El nivel en los campos de arroz colindantes es muy elevado. Se producen filtraciones al sector B1-1.	El humedal se está llenando por gravedad desde el sector B1-1. Se realiza un aforo de caudales circulantes en situación aparentemente estacionaria.

5.4. Propuesta de mejoras

El principal problema en la monitorización del Tancat de l'Illa durante el año 2014 ha sido la imposibilidad de realizar el aforo de caudales una vez se ha dejado de bombear. Esto hace imposible saber qué volúmenes de agua pasan diariamente por cada uno de los puntos monitorizados, porque la respuesta del sistema, como el bombeo, es discontinua.

De cara al año 2015 es imprescindible realizar estos muestreos, por lo que se propone realizar aforos de caudales a última hora de la tarde, o bien modificar las horas de bombeo para que éste se realice durante la noche. Para ello, será necesario poder controlar el encendido y apagado de las bombas de manera remota.

Por otra parte, durante situaciones de funcionamiento singular del humedal, se ha observado que la conexión con los campos de alrededor del sector B1.1 es importante, y se han de tener en cuenta los flujos desde y hacia este sector. Sería necesario monitorizar este sector en distintas épocas del año, ya que los campos de arroz pasan por varias fases de llenado y vaciado.
Por último, es imprescindible reparar la fuga detectada en la arqueta que comunica la laguna con el exterior, ya que si no no será posible aforar caudales por los puntos de salida de la laguna.

6. CONCLUSIONES

Durante el primer año de implementación de la acción B1, Gestión de la Hidráulica, se han realizado prácticamente todos los muestreos previstos y se ha efectuado el seguimiento de las variables de funcionamiento definidas en el DEG. A partir de los aforos de caudales, se han obtenido los volúmenes de entrada y salida de los distintos sectores analizados en cada humedal artificial. También, a partir de la toma de datos de campo y las observaciones realizadas durante las visitas, se ha conseguido comprender el funcionamiento hidráulico de cada uno de los humedales, teniendo en cuenta sus distintos mecanismos de alimentación y reintegro de caudales a la Albufera (bombeo, gravedad).

Así mismo, y para cada humedal, se ha realizado una propuesta de mejoras a llevar a cabo durante el próximo año. Sin embargo, hay además una serie de mejoras comunes a todos ellos y que por eso recogemos en este punto. Así, se estima fundamental una buena comunicación (fluida y actualizada) con los encargados de la gestión del humedal, para poder sacar el máximo partido a las visitas y aforos programados y así mejorar la gestión de flujos y niveles; la instalación de equipos de medición en continuo de niveles y caudales para una mejor estimación de tiempos de retención hidráulicos; o la adición de puntos de muestreo en función de las observaciones realizadas durante el primer año.

Para poder controlar caudales y niveles, de cara a comprobar el cumplimiento de los objetivos globales del proyecto, es necesario conocer las maniobras que se llevan a cabo en cada Tancat en relación a la gestión de la hidráulica. Además de una buena comunicación, es deseable que los equipos de bombeo de forma regular, y que los elementos de control (compuertas) se accionen de acuerdo a reglas establecidas, que evidentemente podrán alterarse según las necesidades del humedal.

Finalmente, sería también deseable, de cara a la mejora en la estimación de los balances hidráulicos en cada Tancat, cuantificar de una manera más fiable las entradas por precipitación y las salidas por evapotranspiración. Para tal fin, sería necesaria la instalación de al menos una estación meteorológica en la zona. No obstante, si el coste económico lo permite, lo deseable sería tener una en cada Tancat. En relación con la mejora de la estimación de las salidas por evapotranspiración, la disposición de mapas de cobertura vegetal y láminas libres estacionales permitiría separar lo que solamente es evaporación, así como cuantificar de una manera más realista el valor de la propia evapotranspiración.

APÉNDICE

TANCAT DE LA PIPA

Tabla 1. Caudales aforados en el Tancat de la Pipa. Valores en l/s.

Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
13/01/2014	23.2	57.3	-	-	-	5.9	31.7	14.4
03/02/2014	23.2	57.3	17.8	14.4	20.1	16.1	16.5	0.0
24/02/2014	17.7	57.3	11.1	8.5	9.8	7.9	2.2	4.0
10/03/2014	15.3	62.6	29.8	16.0	13.4	10.7	18.3	8.4
31/03/2014	17.7	45.4	5.7	15.5	14.9	11.2	30.3	4.0
22/04/2014	23.2	35.0	39.2	2.0	3.8	4.3	9.5	0.7
12/05/2014	7.7	43.2	7.3	4.0	5.8	3.5	8.0	9.0
02/06/2014	10.1	27.9	6.4	5.4	4.5	4.0	5.0	3.6
01/07/2014	17.7	43.2	8.0	9.0	6.9	3.3	26.1	3.2
14/07/2014	13.1	39.0	12.6	6.8	12.5	9.2	0.0	3.0
28/07/2014	17.7	41.0	17.0	11.1	16.8	13.8	12.7	0.0
25/08/2014	16.5	39.0	1.5	7.3	10.3	13.3	18.3	0.0
15/09/2014	16.5	31.4	14.1	8.6	15.0	10.3	0.0	1.7
06/10/2014	14.2	10.1	4.9	1.4	3.2	3.5	5.0	3.5
27/10/2014	15.3	4.9	9.9	7.6	10.5	8.3	6.9	1.1
17/11/2014	6.9	14.2	11.0	5.8	10.3	7.8	6.6	1.7
09/12/2014	7.7	8.5	16.7	8.1	14.7	9.3	5.0	0.6

* Los valores en rojo representan incidencias en el aforo

Tabla 2. Volúmenes entre periodos de muestreo, en m^3.

Fecha	Entrada (P1+P2)	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Salida (bombeo)
13/01/2014	74424.5	18662.4	15552.0	16588.8	6108.4	32905.9	14888.4	110640.0
03/02/2014	147946.1	32452.4	26636.0	32731.5	19937.3	43716.2	21192.2	109920.0
24/02/2014	130102.2	26191.6	20752.8	27122.3	21785.6	16900.6	16329.6	209670.0
10/03/2014	90807.3	24729.3	14852.0	14026.5	11241.2	12407.2	10539.7	105495.0
31/03/2014	132182.2	43354.8	28593.2	28009.8	19846.2	44165.1	11305.2	132045.0
22/04/2014	112879.2	32313.6	25162.9	29937.6	21116.7	37827.2	4538.0	71175.0
12/05/2014	101206.5	20147.0	12997.8	17121.9	12513.8	15058.7	8404.3	256965.0
02/06/2014	99576.3	12440.5	8566.5	9333.4	6812.2	11771.3	11445.7	0.0
01/07/2014	109357.6	17984.0	18048.2	14195.9	9226.5	38957.5	8500.0	188145.0
14/07/2014	105877.2	11544.1	8860.3	10894.1	7038.7	25536.5	3429.8	149385.0
28/07/2014	71371.2	17870.2	10814.3	17768.9	13910.1	19370.5	1785.2	32610.0
25/08/2014	128542.1	38649.0	22270.1	32818.3	32768.7	37453.3	0.0	137355.0
15/09/2014	108323.0	26405.5	14432.5	22943.4	21372.7	27179.2	1542.2	121440.0
06/10/2014	34638.1	17251.9	9043.7	16494.1	12524.9	15093.6	4726.5	64800.0
27/10/2014	49458.6	13458.0	8129.7	12409.6	10731.7	10793.6	4182.2	54750.0

17/11/2014	36768.6	19016.5	12157.7	18858.9	14606.1	12221.4	2540.2	48990.0
09/12/2014	70775.8	26388.1	13237.2	23763.5	16249.8	10992.4	2204.9	52065.0

Tabla 3. Volúmenes acumulados, en m^3.

Fecha	Entrada (P1+P2)	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Salida (bombeo)
13/01/2014	74425	18662	15552	16589	6108	32906	14888	110640
03/02/2014	222371	51115	42188	49320	26046	76622	36081	220560
24/02/2014	352473	77306	62941	76443	47831	93523	52410	430230
10/03/2014	443280	102036	77793	90469	59072	105930	62950	535725
31/03/2014	575462	145391	106386	118479	78919	150095	74255	667770
22/04/2014	688341	177704	131549	148417	100035	187922	78793	738945
12/05/2014	789548	197851	144547	165538	112549	202981	87197	995910
02/06/2014	889124	210292	153113	174872	119361	214752	98643	995910
01/07/2014	998482	228276	171161	189068	128588	253710	107143	1184055
14/07/2014	1104359	239820	180022	199962	135627	279246	110573	1333440
28/07/2014	1175730	257690	190836	217731	149537	298616	112358	1366050
25/08/2014	1304272	296339	213106	250549	182305	336070	112358	1503405
15/09/2014	1412595	322744	227539	273492	203678	363249	113900	1624845
06/10/2014	1447233	339996	236582	289986	216203	378343	118627	1689645
27/10/2014	1496692	353454	244712	302396	226935	389136	122809	1744395
17/11/2014	1533461	372471	256870	321255	241541	401358	125349	1793385
09/12/2014	1604236	398859	270107	345018	257790	412350	127554	1845450

TANCAT DE MILIA

Tabla 4. Caudales aforados en el Tancat de Milia. Valores en l/s.

Fecha	P2	P3	P4	P5	P5'	P6	P7
15/01/2014	8.3	9.9	1.9	-	-	-	-
05/02/2014	1.5	1.6	30.5	0.0	0.0	0.0	0.0
26/02/2014	0.0	0.0	4.7	2.8	5.0	6.6	2.4
27/02/2014	4.2	0.0	60.3	18.1	15.1	7.3	1.2
26/03/2014	0.7	0.0	32.4	9.3	13.1	15.8	7.1
02/04/2014	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.7	2.3
24/04/2014	2.7	0.7	54.7	15.3	11.9	0.0	1.0
04/06/2014	0.4	0.0	36.8	40.7	24.7	13.7	16.3
25/06/2014	1.1	0.0	7.5	24.6	20.0	21.2	31.0
16/07/2014	2.6	0.0	0.0	14.2	-	23.6	26.6
11/09/2014	4.5	0.3	87.0	49.1	34.4	0.0	20.2
15/10/2014	0.0	0.0	18.9	10.6	16.2	28.5	19.7
29/10/2014	0.0	0.0	20.9	21.7	23.9	25.9	21.2
19/11/2014	34.4	0.0	55.5	31.3	32.1	10.9	9.6
11/12/2014	27.6	0.0	72.6	35.5	35.8	29.4	25.4

Tabla 5. Volúmenes entre periodos de muestreo, en m^3.

Fecha	P1 (bombeo)	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8 (bombeo)
15/01/2014	36344.0	1453.8	726.9	26894.6	26665.1	26283.7	34511.3	25960.0
05/02/2014	50864.0	2034.6	1017.3	37639.4	37224.7	36535.6	47552.6	53100.0
26/02/2014	44155.0	1766.2	883.1	32674.7	32384.7	31902.6	41838.8	44840.0
12/03/2014	28470.0	1138.8	569.4	21067.8	21083.4	21109.3	28594.5	17700.0
02/04/2014	43267.0	1730.7	865.3	32017.6	31805.5	31453.1	41573.5	50983.0
24/04/2014	47959.0	1918.4	959.2	35489.7	34680.4	33335.3	41495.9	45524.3
14/05/2014	53982.0	2159.3	1079.6	39946.7	27012.9	25434.3	46396.8	33024.1
04/06/2014	70135.0	2805.4	1402.7	51899.9	35299.7	33587.5	61907.8	55097.6
25/06/2014	81336.0	3253.4	406.7	65068.8	44924.6	43888.1	76355.9	54659.1
16/07/2014	72727.0	2909.1	363.6	58181.6	39876.1	38461.7	65930.7	71819.1
30/07/2014	33567.0	1342.7	167.8	26853.6	17636.0	15705.4	24290.6	39277.1
27/08/2014	85922.3	3436.9	429.6	68737.8	45538.5	41253.8	65334.3	84052.6
24/09/2014	70448.9	2818.0	352.2	56359.1	37686.6	34753.6	56355.6	50712.0
15/10/2014	64219.0	321.1	321.1	51375.2	35159.9	33825.8	57808.4	86955.4
29/10/2014	49353.0	246.8	246.8	39482.4	38766.7	37577.1	43637.2	35400.0
19/11/2014	79572.0	19893.0	397.9	39786.0	39422.2	38817.5	76666.5	59000.0
11/12/2014	78984.0	19746.0	394.9	39492.0	40536.8	42273.4	87328.2	115640.0

Tabla 6. Volúmenes acumulados, en m^3.

Fecha	P1 (bombeo)	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8 (bombeo)
15/01/2014	36344	1454	727	26895	26665	26284	34511	25960
05/02/2014	87208	3488	1744	64534	63890	62819	82064	79060
26/02/2014	131363	5255	2627	97209	96274	94722	123903	123900
12/03/2014	159833	6393	3197	118276	117358	115831	152497	141600
02/04/2014	203100	8124	4062	150294	149163	147284	194071	192583
24/04/2014	251059	10042	5021	185784	183844	180620	235567	238107
14/05/2014	305041	12202	6101	225730	210857	206054	281963	271131
04/06/2014	375176	15007	7504	277630	246156	239641	343871	326229
25/06/2014	456512	18260	7910	342699	291081	283529	420227	380888
16/07/2014	529239	21170	8274	400881	330957	321991	486158	452707
30/07/2014	562806	22512	8442	427734	348593	337697	510448	491984
27/08/2014	648728	25949	8871	496472	394132	378950	575783	576037
24/09/2014	719177	28767	9224	552831	431818	413704	632138	626749
15/10/2014	783396	29088	9545	604206	466978	447530	689947	713704
29/10/2014	832749	29335	9791	643689	505745	485107	733584	749104
19/11/2014	912321	49228	10189	683475	545167	523924	810250	808104
11/12/2014	991305	68974	10584	722967	585704	566198	897579	923744

TANCAT DE L'ILLA

Tabla 7. Caudales aforados en el Tancat de L'Illa. Valores en l/s.

Fecha	P2	P3	P4	P5	P6	P7	PA
15/01/2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05/02/2014	33.8	41.7	11.1	49.3	22.5	41.4	15.0
26/02/2014	4.2	14.9	5.6	10.8	1.8	4.2	-
27/02/2014	19.2	20.0	10.9	15.5	3.4	10.1	-
26/03/2014	5.0	15.2	3.7	6.1	1.3	4.8	-
02/04/2014	7.3	21.9	9.3	13.1	3.7	7.9	-
24/04/2014	0.0	26.7	9.6	18.6	3.7	16.3	-
04/06/2014	17.9	21.7	5.8	10.7	2.1	6.0	0.0
25/06/2014	0.0	5.5	4.3	8.0	3.3	12.9	1.9
16/07/2014	18.1	21.9	13.4	21.9	3.8	17.1	4.1
11/09/2014	11.0	22.4	13.2	22.7	5.3	17.8	2.6
15/10/2014	15.2	18.9	13.4	18.6	6.4	23.5	5.3
29/10/2014	23.5	20.5	14.8	19.2	5.0	20.9	2.7
19/11/2014	5.0	9.1	4.6	8.9	2.8	10.5	-
11/12/2014	11.3	19.3	13.3	20.4	7.8	10.4	7.6

Tabla 8. Volúmenes de entrada por bombeo en el Tancat de l'Illa, en m^3.

Fecha	V entre muestreos	V acumulado
15/01/2014	12800	12800
05/02/2014	44800	57600
26/02/2014	9500	67100
12/03/2014	37625	104725
02/04/2014	42000	146725
24/04/2014	38400	185125
14/05/2014	44800	229925
04/06/2014	48000	277925
25/06/2014	48000	325925
16/07/2014	48000	373925
30/07/2014	28800	402725
27/08/2014	67600	470325
24/09/2014	30600	500925
15/10/2014	7600	508525
29/10/2014	0	508525
19/11/2014	10200	518725