



LIFE12 ENV/ES/000685



Informe de segundo año de resultados de gestión
de la hidráulica
ACCIÓN B1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente





1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. *Objetivos de la acción B1 en el año 2015*
 - 1.2. *Grado de consecución de la acción B1*

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

3. TANCAT DE LA PIPA
 - 3.1. *Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo*
 - 1.1.1. *Monitorización puntual*
 - 3.2. *Gráficos*
 - 1.2.1 *Caudales objetivo definidos en Estrategia de gestión y caudales aforados*
 - 1.2.2 *Volúmenes tratados en los sectores y subsectores monitorizados*
 - 1.2.3 *Curvas de gasto*
 - 1.2.4. *Mediciones en el sector FG*
 - 3.3. *Tiempos de retención hidráulica*
 - 3.4. *Incidencias*
 - 3.5. *Propuestas de mejora*

4. TANCAT DE MILIA
 - 4.1. *Esquema del funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo*
 - 4.2. *Análisis del bombeo*
 - 4.3. *Gráficos*
 - 4.3.1 *Caudales objetivo definidos en Estrategia de gestión y caudales aforados*
 - 4.3.2 *Volúmenes tratados en los sectores monitorizados*
 - 4.3.3 *Curvas de gasto*
 - 4.4. *Tiempos de retención hidráulica*
 - 4.5. *Evolución de caudales en función del tiempo*
 - 4.6. *Incidencias*
 - 4.7. *Propuesta de mejoras*

5. TANCAT DE L'ILLA
 - 5.1. *Esquema de funcionamiento hidráulico y puntos de muestreo*
 - 5.1.1 *Monitorización puntual*
 - 5.1.2 *Situaciones de funcionamiento singular*
 - 5.2. *Gráficos*
 - 5.2.1. *Caudales objetivo definidos en Estrategia de Gestión y caudales aforados*
 - 5.2.2. *Volúmenes tratados en los sectores monitorizados*
 - 5.3. *Incidencias*
 - 5.4. *Propuesta de mejoras*



LIFE12 ENV/ES/000685

6. CONCLUSIONES





1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos de la acción B1 en el año 2015

Las tareas de monitorización de la acción B1, durante el año 2015, 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 en todos los humedales artificiales. Durante el año 2015, se llevaron a cabo las campañas de monitorización previstas, coincidiendo con los muestreos de calidad. En el Tancat de L’Illa se realizaron dos operaciones de vaciado de la laguna, pero se reorganizaron las fechas para poder llevar a cabo los muestreos previstos.

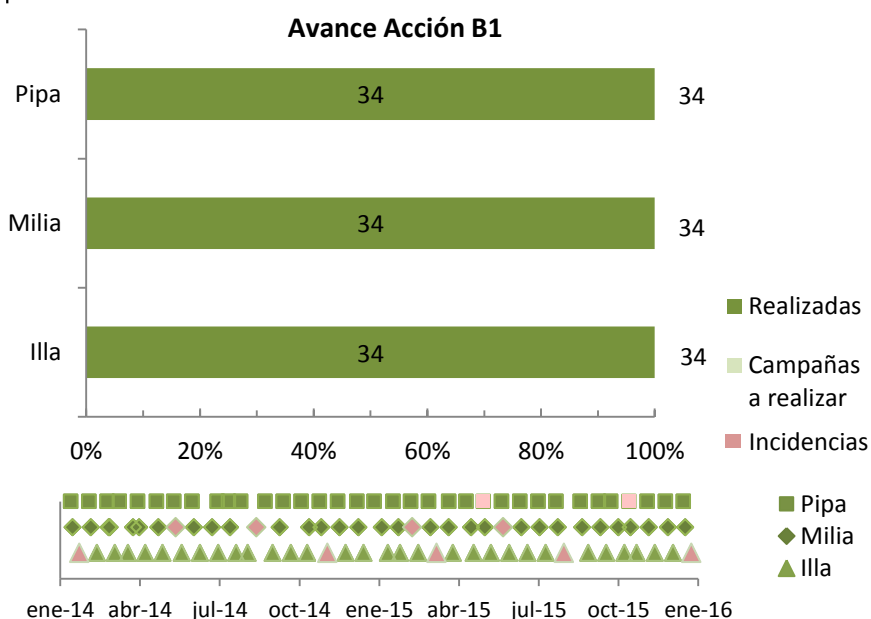


Figura 1.1. Diagrama de grado de avance de la acción B1

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.

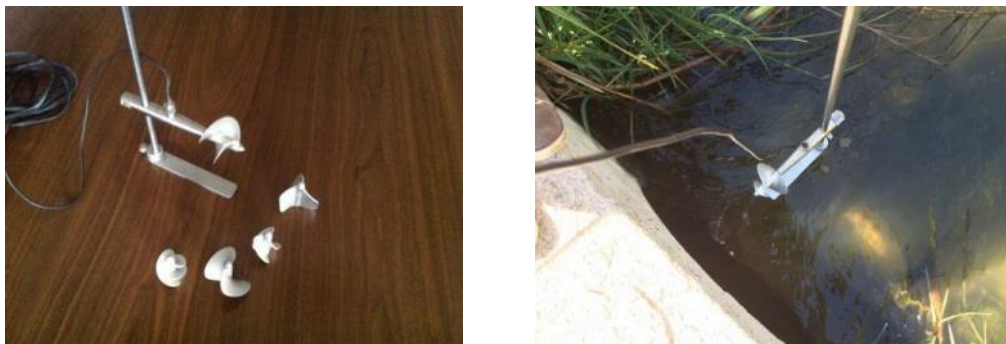


Figura 2.1. Minimolinete con hélices taradas (izquierda) y en posición previa a la inmersión (derecha)

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 tableros.

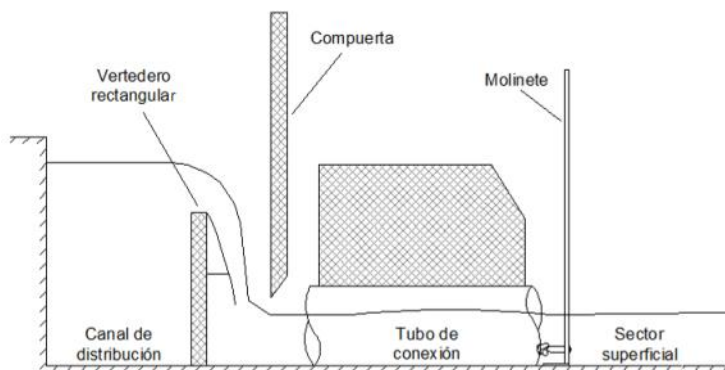


Figura 2.3. Esquema de conexiones en el Tancat de Milia y fotografía de flujo a través del vertedero, aguas arriba de la compuerta y tubo de conexión

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 (ET_o), 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 ET_o se ha multiplicado previamente por un coeficiente de cultivo (K_c) 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 qué 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), según el esquema que se ilustra en la figura adjunta:

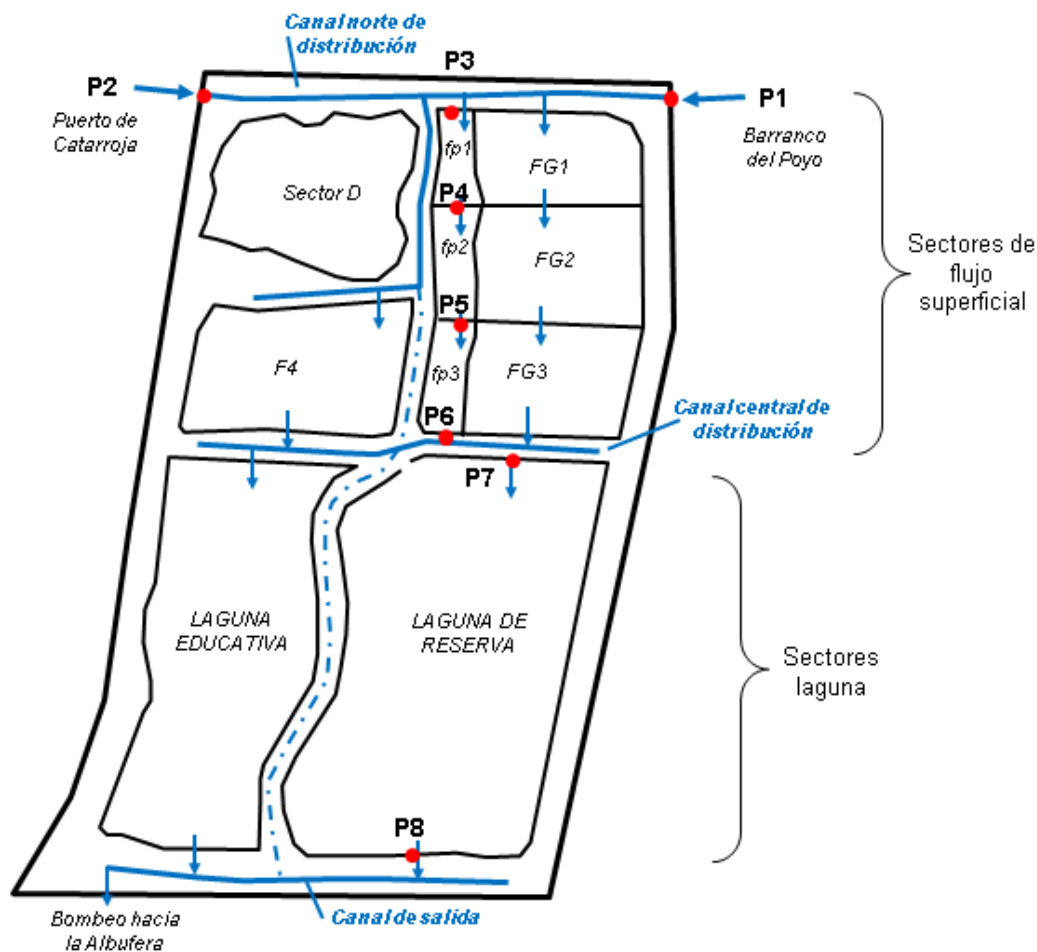


Figura 3.1. Tancat de la Pipa. Esquema de flujos y puntos de muestreo

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).

1.1.1. Monitorización puntual

Las tareas de monitorización de la acción B1 en el Tancat de la Pipa durante el año 2015 continúan centrándose en los sectores fp y en la laguna de reserva, al igual que en el 2014. Se aforan caudales de manera periódica (aproximadamente 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)
- Sector FG: puntos P3* (entrada) 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 salida total del sistema se evalúa a partir de las horas de funcionamiento de las bombas registrada por los encargados del mantenimiento del humedal.

3.2. Gráficos

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

Según se estableció en el año 2014, para mantener las cargas hidráulicas definidas en el DEG, el caudal medio diario de entrada al Tancat de la Pipa ha de ser de aproximadamente 70 l/s, parte del cual ha de entrar al sector fp y 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, con la dificultad de controlar qué parte del caudal saliente de fp ingresaba en esta laguna, y qué parte se dirigía hacia la laguna educativa. A partir del llenado del sector FG, en junio – julio de 2015, se observa como las entradas a la laguna aumentan, debido al caudal que está recibiendo desde FG.

En la Figura 3.2 se representan el caudal de entrada aforado durante las 17 campañas de monitorización del año 2015. Comparando con el caudal objetivo, las entradas han sido inferiores durante los primeros meses del año, aumentando a partir de julio. Después vuelve a mantenerse un caudal próximo al objetivo hasta finales de año.

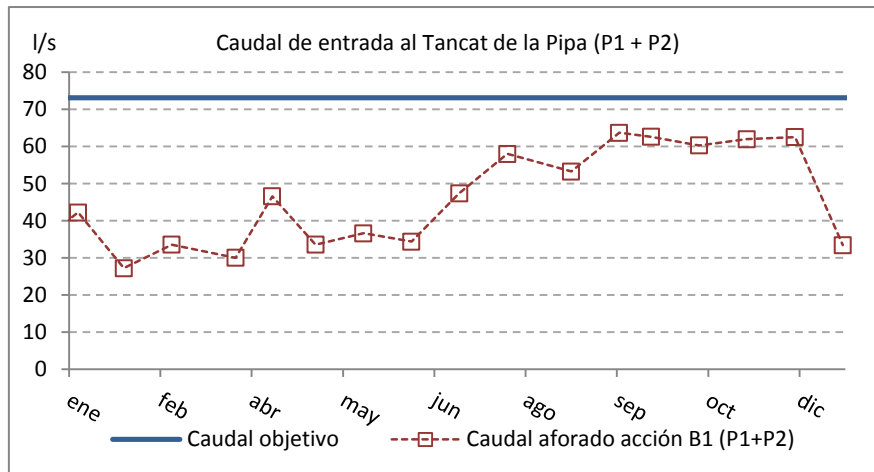


Figura 3.2. Caudal de entrada al Tancat de la Pipa desde BP (P1) y PC (P2)

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 3.3 se ilustra la evolución de los niveles en los distintos sectores FP y FG, así como el de la Laguna de reserva, en la que se aprecia como los niveles se mantienen prácticamente constantes durante casi todo el año.

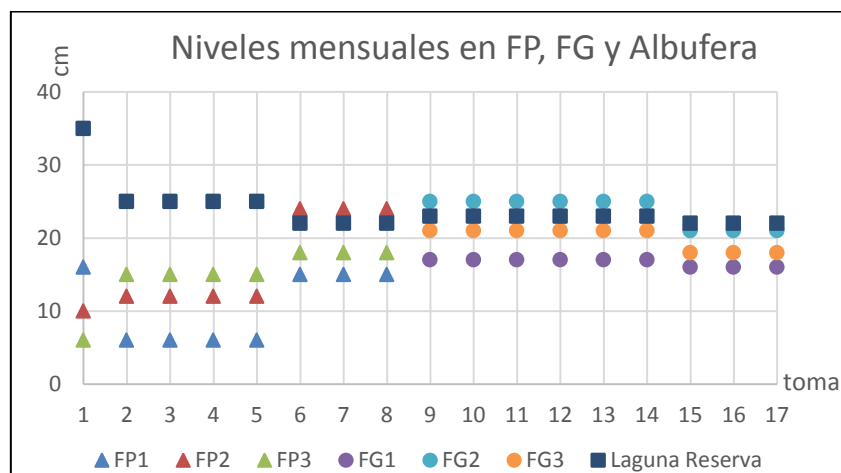


Figura 3.3. Variación a lo largo del año del calado en puntos interiores del Tancat de la Pipa

Con la regulación de las compuertas se ha forzado una circulación por el sector fp que cubre lo esperado en la estrategia de gestión, como se puede observar en la Figura 3.4. Durante el mes de mayo se observa una circulación excesiva de caudal por fp, que se debe a los altos caudales circulantes aforados tras la rotura de la compuerta de entrada del Puerto de Catarroja (P2).

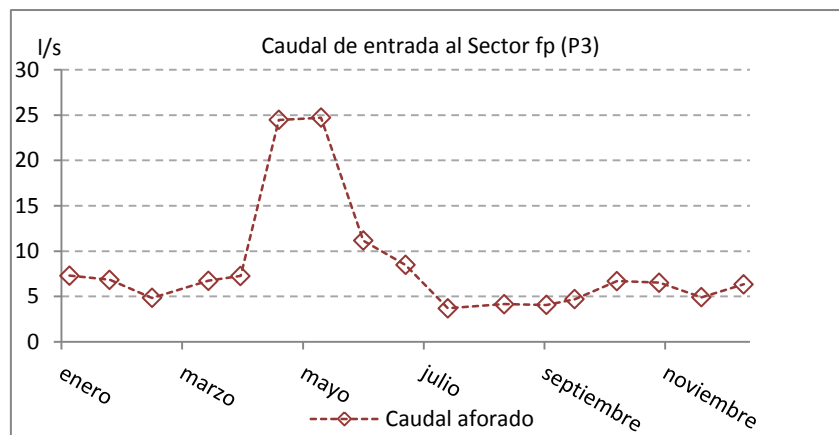


Figura 3.4. Caudal de entrada al sector fp (P3)

En la gráfica siguiente se presentan conjuntamente los caudales medidos en todos los puntos del sector fp. Estos puntos siguen la tendencia observada en las gráficas anteriores, y se puede observar como los caudales aforados aguas abajo de P3 no presentan el pico de caudal (porque en el momento del aforo, el efecto de la rotura de la compuerta todavía no había llegado a estos puntos), considerándose más representativos estos últimos del comportamiento del sector.

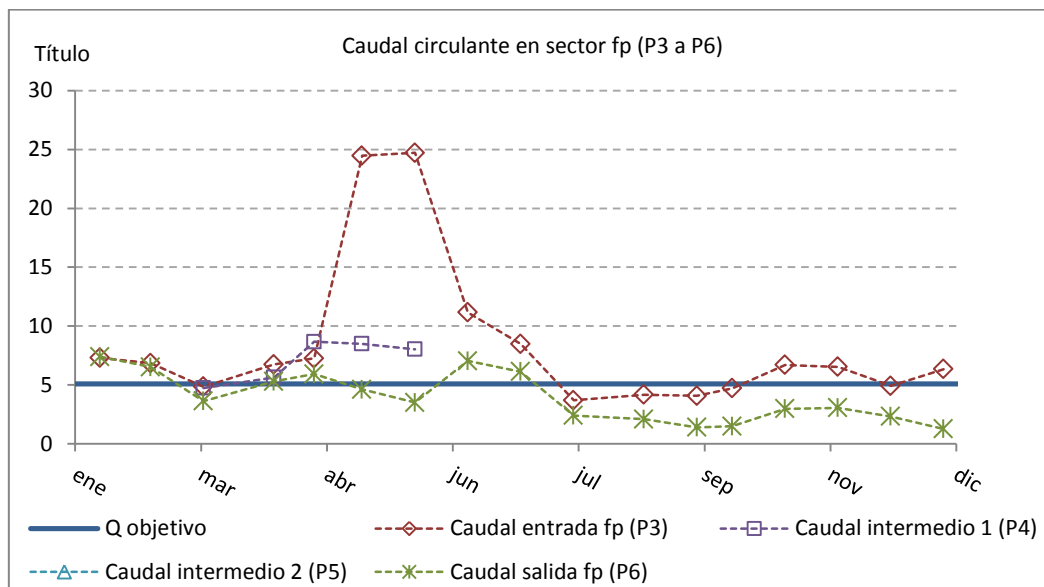


Figura 3.5. Caudales circulantes en el sector fp (puntos P3, P4, P5 y P6)

En la Figura 3.5 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 ya se constataron durante 2014 con los datos registrados por los equipos de monitorización continua, y podrían ser causadas por pequeñas variaciones en el nivel de la Albufera. En cualquier caso, no se han considerado significativas a la hora de obtener los valores medios.

A continuación, se muestran en la Figura 3.10 los caudales de entrada y salida de la laguna de reserva. Estas mediciones pueden haber presentado un cierto error, ya que en la entrada a menudo resulta difícil la correcta colocación del minimolinete al no existir un calado suficiente en los tubos, mientras que a la salida a la laguna pueden darse algunas fugas localizadas o falta de sellado en el entorno de los tubos.

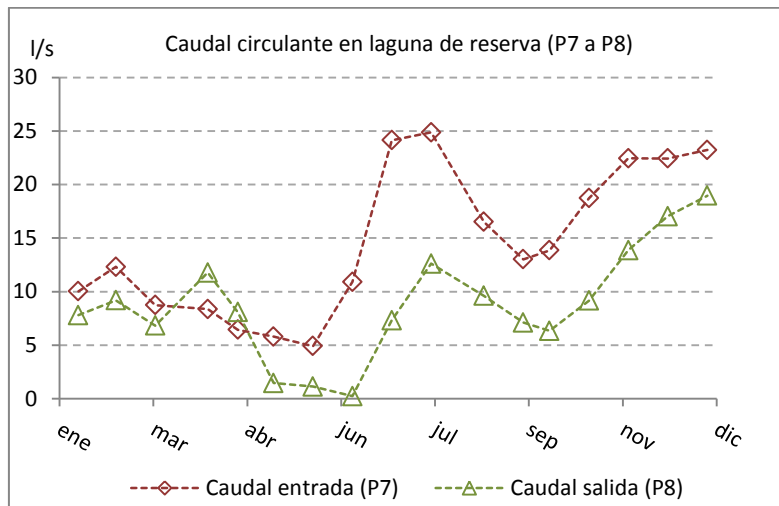


Figura 3.6. Caudales de entrada y salida en la laguna de reserva (P7 y P8)

En cualquier caso, y como se observa en la Figura 3.7, 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).

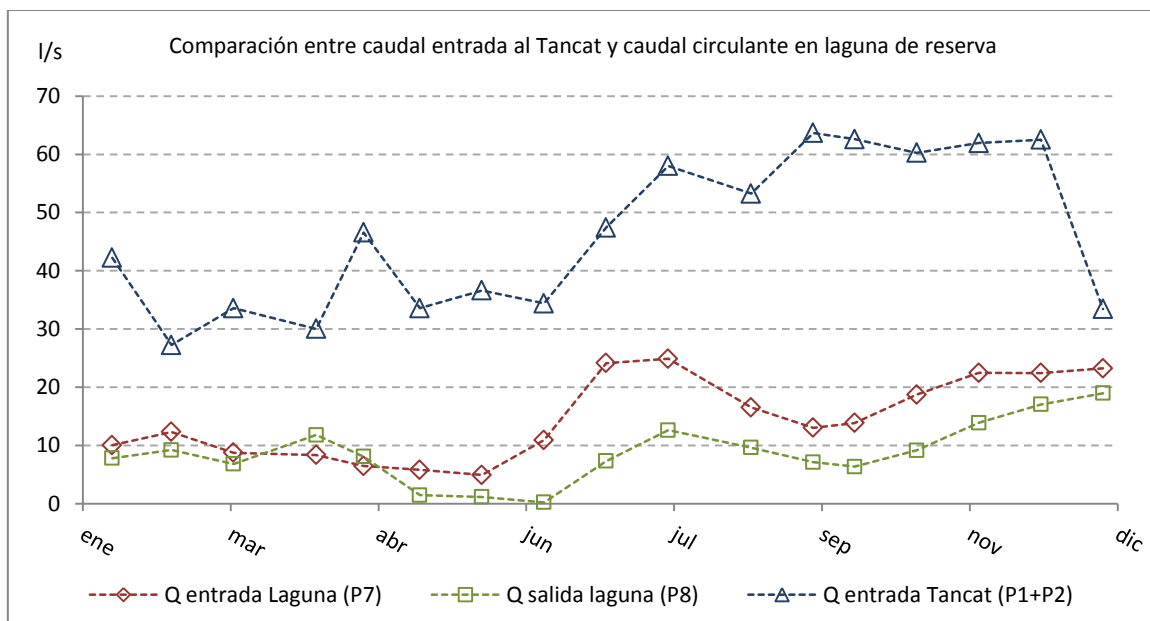


Figura 3.7. Comparación entre los caudales de entrada al humedal artificial por los puntos P1 y P2 y los caudales tratados por la laguna de reserva a lo largo de 2015.

Como puede apreciarse, el caudal de salida de la laguna de reserva es significativamente menor 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. El hecho de que los niveles en este canal estén más bajos podría estar facilitando este flujo subsuperficial desde la laguna a través de la mota que los separa.

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 2015.

En los gráficos de la Figura 3.8 se observa como los caudales de entrada se mantienen mucho más uniformes 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 2015. En la gráfica siguiente se observa un pico de bombeo de salida importante durante el mes de agosto y otro a finales de año, con un descenso de bombeos acusado hacia el mes de septiembre.

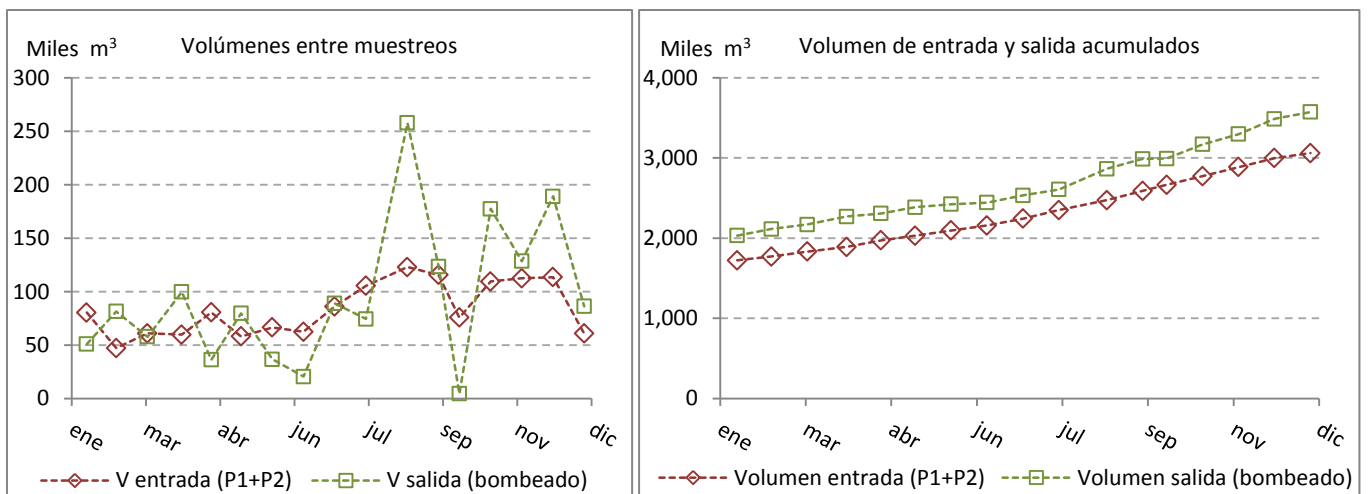


Figura 3.8. Volúmenes de entrada y salida del humedal, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

Los volúmenes que se presentan en las gráficas de la Figura 3.9 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.

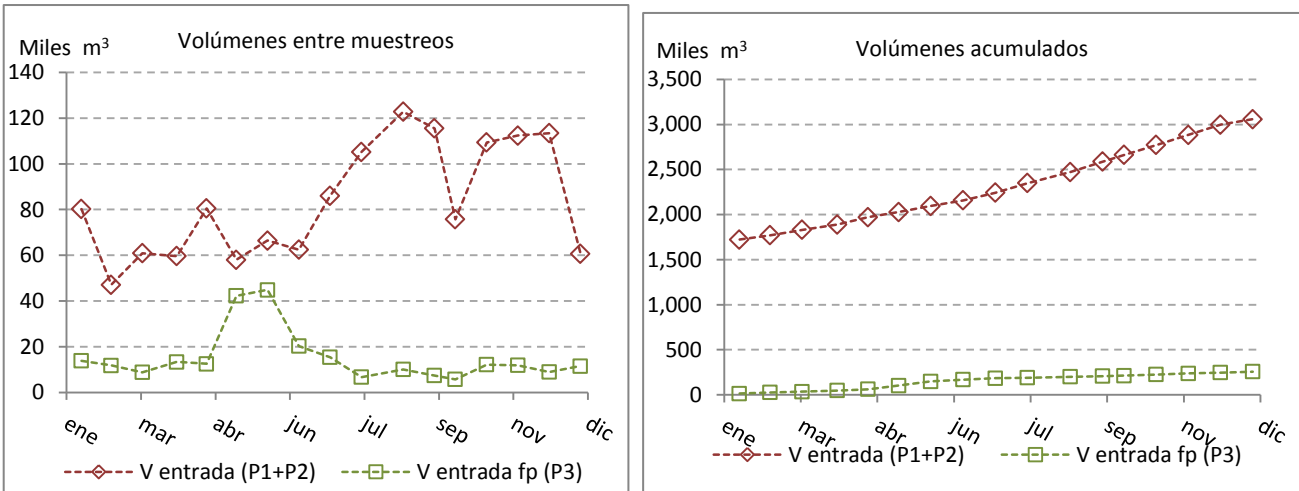


Figura 3.9. Volúmenes de entrada al humedal y al sector fp, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En los gráficos de la Figura 3.10 se muestran tanto los volúmenes tratados en fp entre muestreos, así como los volúmenes acumulados. También 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 sus laterales. Eso unido a la debilidad de sus motas, hace pensar que en este punto se están produciendo fugas.

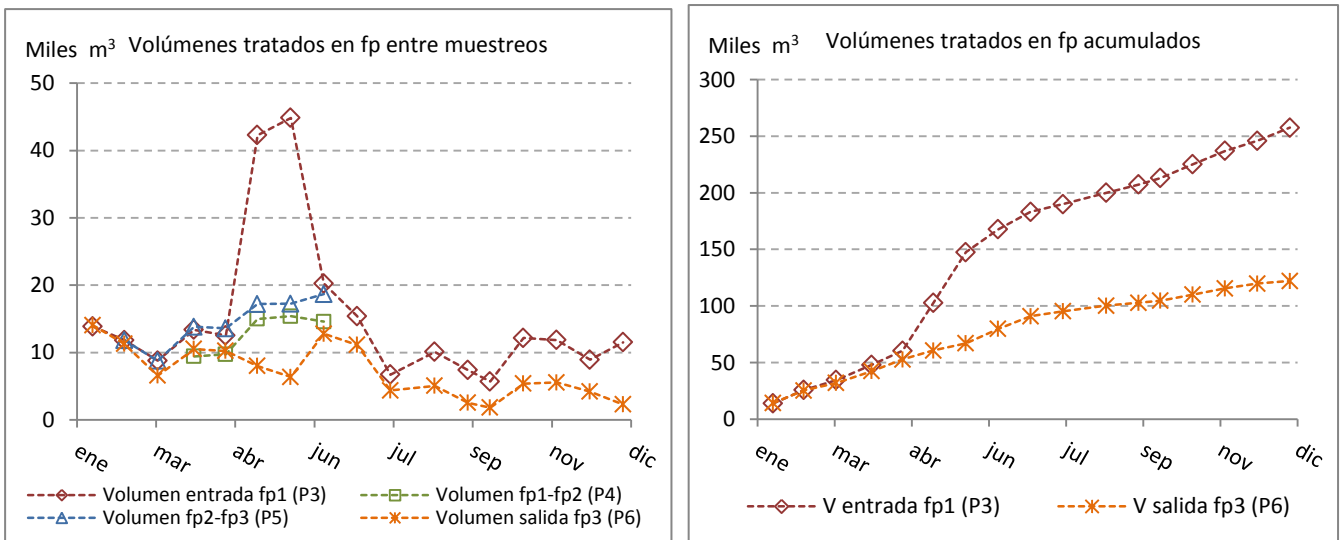


Figura 3.10. Volúmenes tratados en los sectores interiores de fp, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En cuanto a la laguna de reserva (Figura 3.11), 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. En todo el periodo, puede apreciarse como el agua circulante por el sector fp es un porcentaje importante del agua tratada por la laguna de reserva.

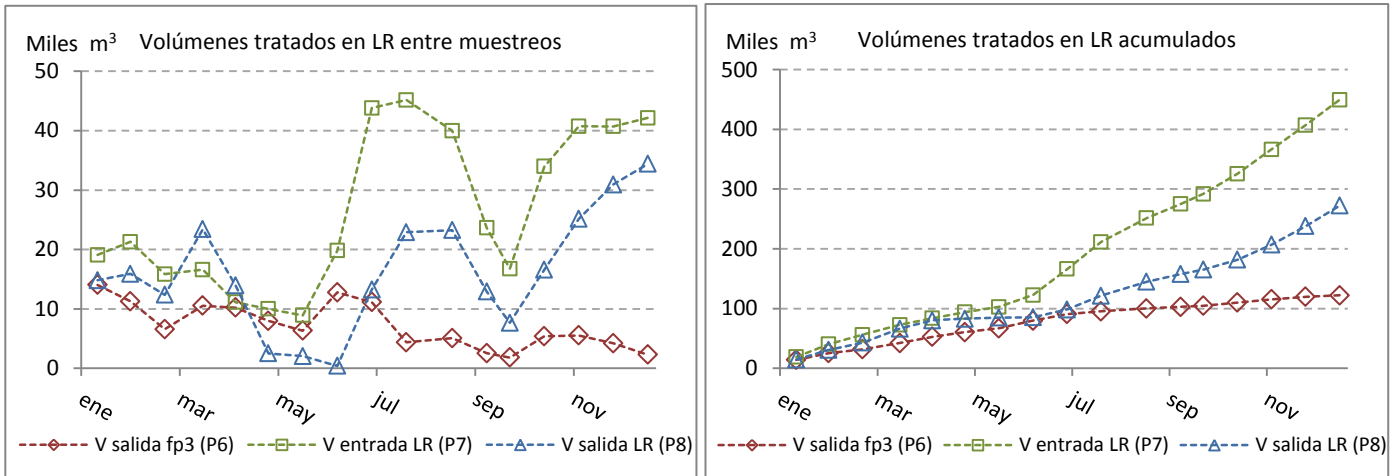


Figura 3.11. Volúmenes de entrada y salida de la laguna de reserva, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

3.2.3 Curvas de gasto

Con los datos obtenidos durante los muestreos puntuales realizados, se han ajustado curvas de gasto para los puntos P4 y P5 (puntos interiores del sector fp). Con estas curvas, que representan la relación entre el calado y el caudal, 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. Para la elaboración de estas curvas de gasto, se han utilizado también los datos de 2014 para mejorar la fiabilidad de las mismas.

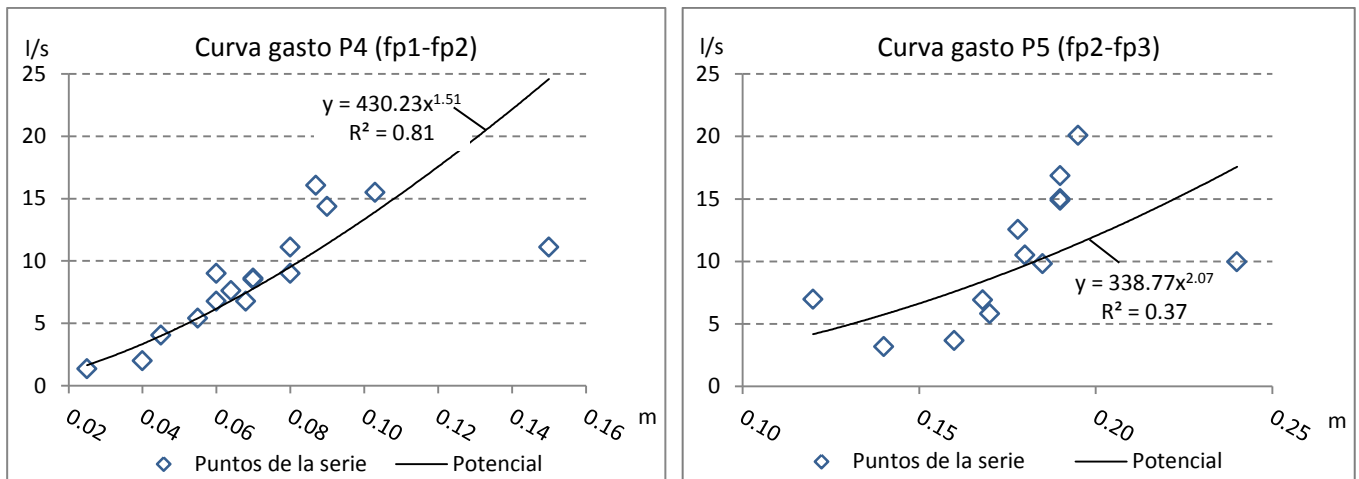


Figura 3.12. Curvas de gasto correspondientes a los puntos interiores de fp (P4 y P5).

Pese a que la curva de P4 presente un buen ajuste, hay que tener en cuenta que en este punto se desvía parte del caudal por una fuga lateral (debido al mal estado de esta sección de aforo), por lo que las predicciones de la curva de gasto son necesariamente inferiores al caudal real que circula entre fp1 y fp2.

En cuanto a la curva de P5, existen puntos que claramente se alejan de la tendencia mostrada por la mayoría, debido probablemente a una influencia del nivel del sector de aguas abajo en la sección de aforo. Por tanto, se recomienda seguir usando el ajuste del año 2014.

3.2.4. Mediciones en el sector FG

Desde mediados de 2015, se han comenzado a realizar mediciones en el sector FG, cuyos resultados se exponen en las tablas 2, 4 y 6 del apéndice.

En la figura 3.13 se ilustran los caudales de entrada y salida a dicho sector, que como puede apreciarse, se han ido incrementando hacia finales de año.

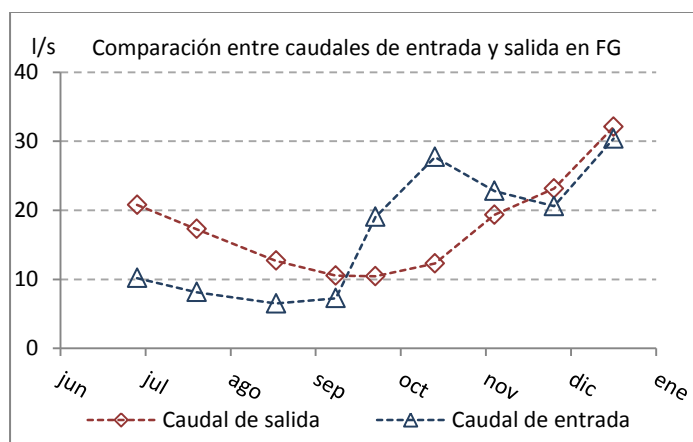


Figura 3.13. Caudal de entrada y salida en FG

En cuanto a los volúmenes de entrada y salida en dicho sector, la evolución de este final de 2015 es la siguiente:

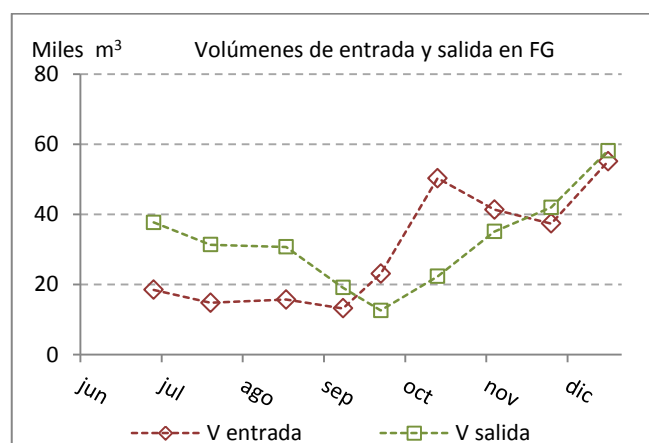


Figura 3.14. Volúmenes de entrada y salida en FG



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 2015 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 ($\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$). 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 bastante constantes, y también los volúmenes en las celdas, a excepción del mes de mayo. 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.

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.

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

	Caudal medio (m ³ /d)	Carga hidráulica superficial (m ³ m ⁻² d ⁻¹)	Calado fp1 (m)	Calado fp2 (m)	Calado fp3 (m)	TRH fp1 (d)	TRH fp2 (d)	TRH fp3 (d)	TRH fp (d)
20/01/2015	13864.0	630.19	0.16	0.1	0.06	0.9	0.8	0.6	2.3
09/02/2015	11836.8	591.84	0.06	0.12	0.15	0.4	1.0	1.5	2.9
02/03/2015	8791.7	418.65	0.06	0.12	0.15	0.5	1.5	2.1	4.1
25/03/2015	13382.4	581.85	0.06	0.12	0.15	0.4	1.1	1.5	3.0
14/04/2015	12543.6	627.18	0.06	0.12	0.15	0.3	1.0	1.4	2.7
04/05/2015	42283.9	2114.20	0.15	0.24	0.18	0.3	0.6	0.5	1.3
25/05/2015	44848.7	2135.66	0.15	0.24	0.18	0.3	0.6	0.5	1.3
15/06/2015	20253.0	964.43	0.15	0.24	0.18	0.6	1.3	1.1	2.9
06/07/2015	15392.3	732.97	0.15	0.24	0.18	0.7	1.7	1.4	3.9
27/07/2015	6709.6	319.51	0.15	0.24	0.18	1.7	3.9	3.3	8.9
24/08/2015	10201.0	364.32	0.15	0.24	0.18	1.5	3.4	2.9	7.8

En cuanto a los tiempos de retención hidráulica del sector FG, estos se representan en la tabla 3.2, para cada uno de los tres subsectores.

Tabla 3.2 Tiempos de Retención Hidráulica para el sector FG.

	TRH FG1 (d)	TRH FG2 (d)	TRH FG3 (d)
06/07/2015	0.3	0.7	0.7
27/07/2015	0.3	0.8	0.8
24/08/2015	0.4	1.0	1.0
14/09/2015	0.6	1.3	1.3
28/09/2015	0.6	1.3	1.3
19/10/2015	0.6	1.2	1.2
09/11/2015	0.4	0.7	0.7
30/11/2015	0.3	0.5	0.5



3.4. Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2015.

- La compuerta del Puerto de Catarroja (P2) se rompe a principio de mayo de 2015. Se mantiene en una posición fija, pero el caudal de entrada es demasiado elevado y hay que cerrar la entrada del Barranco del Poyo (P1) para compensar.
- El sector FG comenzó a inundarse a principios de julio de 2015. Durante las primeras semanas, se realizaron muchos ajustes en las compuertas de entradas para regular la cantidad de caudal que entraba a cada uno de los sectores superficiales.
- Se ha controlado mejor el caudal de entrada a la Laguna de reserva (desde que se secó FG las entradas eran muy reducidas).
- Algunos puntos han sido muy complicados/imposibles de aforar en verano por el crecimiento de la vegetación y la imposibilidad de realizar las tareas de mantenimiento necesarias para poder acceder a los puntos.

3.5. Propuestas de mejora

Tras los trabajos realizados en esta campaña 2015, se proponen las siguientes propuestas de mejora:

- Las conexiones no son completamente estancas, por lo que una mejora en el estado de conservación de las mismas y la eliminación de sus fugas, supondría una mayor fiabilidad de las mediciones realizadas. Este problema no es sólo del sector FG, sino que también tuvo lugar el año pasado en el fp.
- Debido al transporte sólido, se han generado problemas de obstrucciones, por lo que un mantenimiento periódico de los sistemas de rejas instalados, proporcionaría un comportamiento más constante al sistema, obteniendo unas mediciones más fiables.
- Las mediciones se realizan según diferentes procesos de regulación de las compuertas, por lo que los resultados pueden diferir debido a la propia inercia del sistema.
- A pesar de los trabajos realizados, no se tiene una idea clara de cómo influye el nivel de la Albufera en el caudal de salida que se bombea hacia la misma, por lo que se recomienda conocerlo con mayor detalle para poder cuadrar mejor el balance en el sistema.

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.

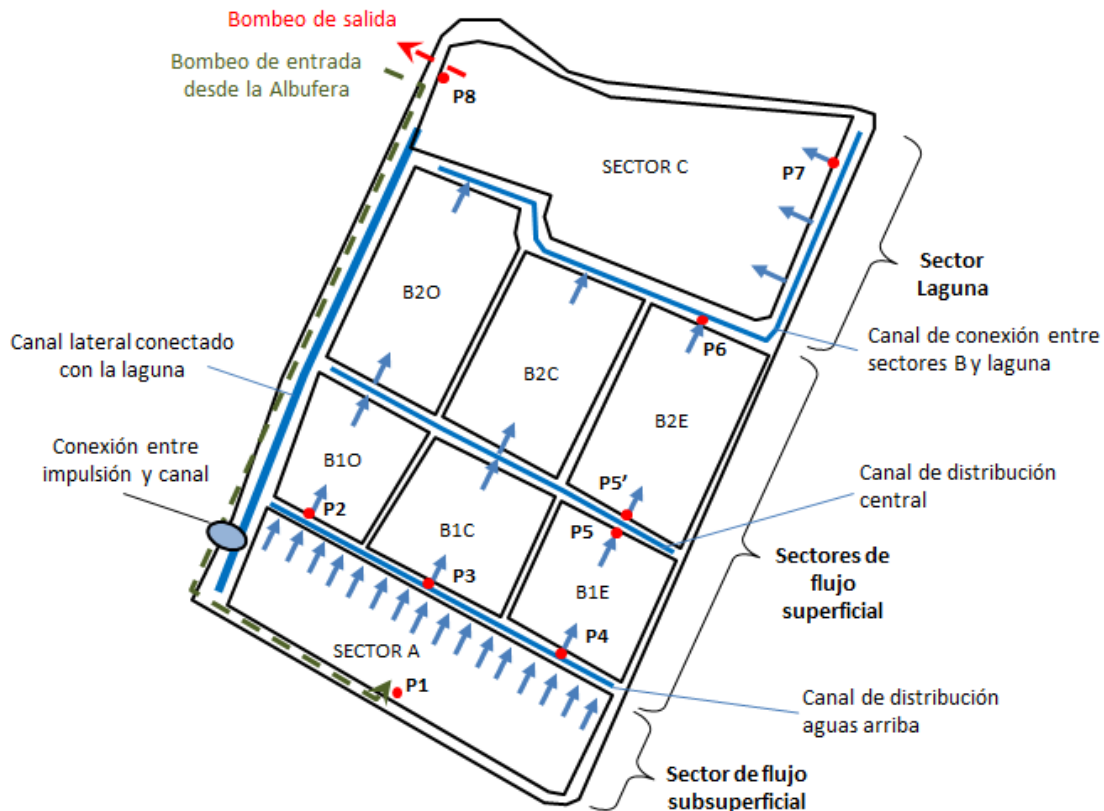


Figura 4.1. Tancat de la Milia. Esquema de flujos y puntos de muestreo

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. Sin embargo, en septiembre de 2014 se construyó una mota transversal en este canal para independizar la línea de flujo Este de las líneas Centro y Oeste, debido a los problemas de derivación de flujos que se habían observado.



Las celdas B2E, B2C y B20 vierten a un último canal que conecta con la laguna (sector C), a través de tres entradas de la misma tipología que las anteriores. Durante el año 2015 se han mantenido abiertas la primera y la última de las compuertas de la laguna. La propuesta inicial era mantener abierta únicamente la última compuerta del canal, para evitar que se crearan zonas muertas de flujo. Sin embargo, para asegurar el correcto desagüe hacia la laguna, y evitar una subida excesiva de nivel en el canal, se decidió mantener abierta también la primera compuerta.

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. h

Las tareas de monitorización de la acción B1 en el Tancat de Milia, durante el año 2015, se siguen centrando 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 B10), 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 10-11 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. Durante el año 2015, el régimen de bombeo establecido ha sido de 11 horas a 450 m³/h durante los días laborales, intentando que la mayor parte del mismo se realice en horario nocturno, para aprovechar el precio reducido de la tarifa valle eléctrica.

Para poder obtener la evolución de caudal circulante en función del volumen inyectado en el humedal por bombeo, se colocó 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 el resto de puntos, al finalizar los dos años de monitorización se dispone de suficientes puntos, tomados a distintas horas del día (y por tanto, representativos de diferentes puntos de funcionamiento del humedal) como para observar como la punta del bombeo se va atenuando, y el flujo tiene un comportamiento más suavizado y continuo conforme nos acercamos a la laguna.

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 m³ los siete días de la semana. 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.

A raíz de las anomalías de funcionamiento detectadas durante 2014 y del análisis hidráulico y energético del bombeo llevado a cabo, se decide realizar durante 2015 un bombeo diario de 11 horas con una sola bomba. La bomba se conecta con el sistema de accionamiento remoto todos los días laborables, es decir, de lunes a viernes. Con un caudal bombeado de 450 m³/h durante 5 días se satisface el volumen semanal a inyectar en el tancat (el equivalente diario es de unos 3500 m³, ligeramente por encima de los 3400 del DEG). De esta forma se consigue un claro ahorro de costes al funcionar la bomba fundamentalmente en horas de tarifa eléctrica reducida (aunque no todas son horas valle). Además, se obtiene también un funcionamiento hidráulico menos discontinuo y se evita la saturación de la capacidad de tratamiento del Sector A.

El ahorro de costes mencionado no es sólo por temas tarifarios sino también por un uso más racional de la impulsión, pues las pérdidas de energía por fricción al impulsar el caudal de dos bombas aumentaban de manera desproporcionada.

La posibilidad de accionamiento remoto de los equipos de bombeo junto a la existencia en el tancat de un sistema SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) puede permitir la perfecta automatización de los procesos de bombeo. De esta manera debiera ser posible por ejemplo, implementar un sistema de bombeo con accionamiento remoto automático que impulsara un caudal de 450 m³/h durante 8 h al día los días laborables, y durante 7 horas al día los fines de semana, dando cumplimiento así al volumen a inyectar previsto en DEG. De esta manera, todas las horas de bombeo serían horas valle de tarifa eléctrica. Además de un segundo avance en cuanto a ahorro de costes, se obtendría un funcionamiento más continuo del tancat.

Adicionalmente, como con el sistema SCADA se puede obtener toda la información que se genera en el proceso (supervisión, control, almacenamiento de datos, etc.), su uso permite una óptima gestión del sistema. De manera incluso que, si las bombas tuviesen instalados variadores de frecuencia, con la automatización descrita, podríamos recrear durante el día o de manera estacional, diferentes regímenes hidráulicos de funcionamiento (caudales, calados, régimen de corrientes, ...) si fuera de interés por necesidades hídricas de las distintas especies o por temas de vegetación.

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 se observa cómo, durante todo el año 2015, los bombeos realizados se han ajustado muy bien a los valores previstos en la estrategia inicial de gestión del humedal.

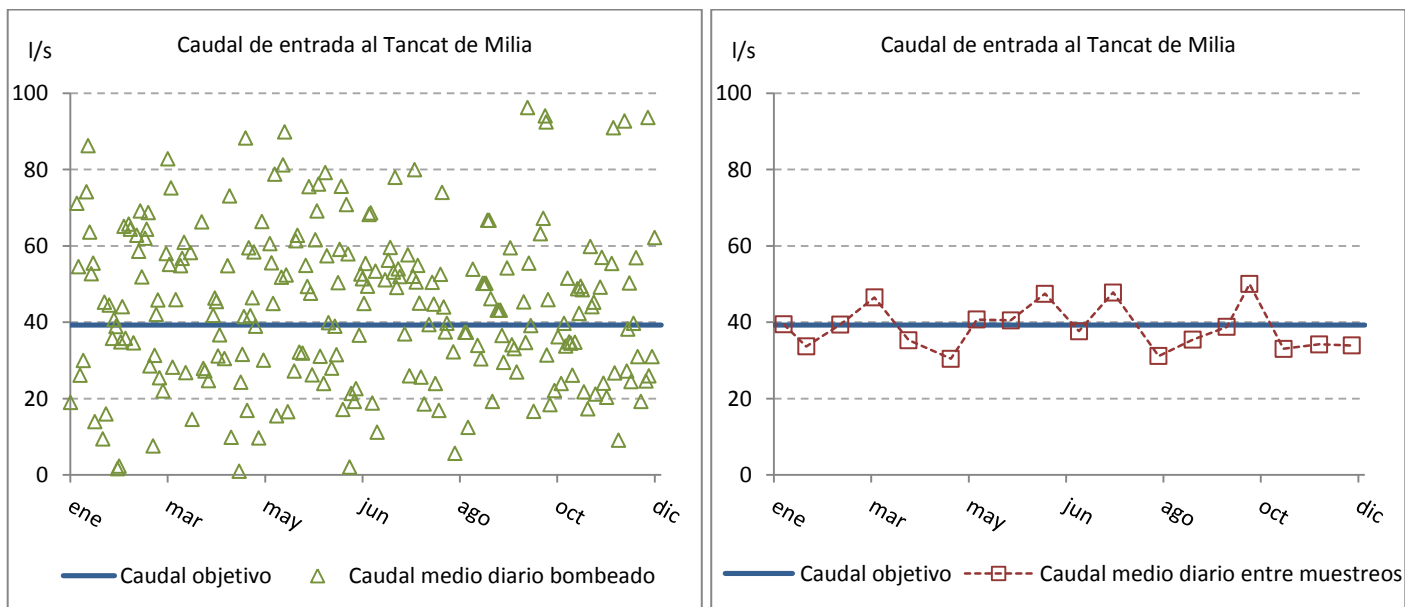


Figura 4.2. Caudal de entrada al Tancat de Milia por bombeo.

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 los

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). Estas fugas son más evidentes cuando el nivel de agua en los sectores es bajo.



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

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.

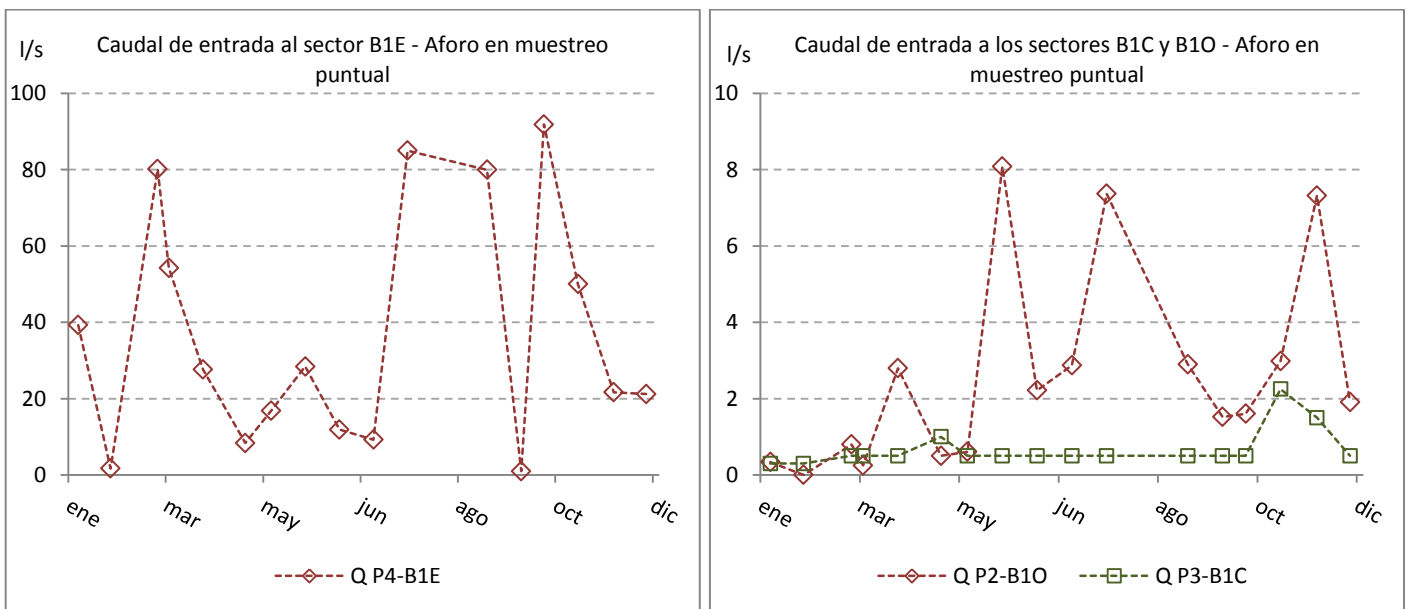


Figura 4.4. Caudal de entrada al sector B por las líneas Este, Centro y Oeste.

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 B10 (abiertos, cerrados, parcialmente cerrados...)

De esta manera, realizando un análisis global de todos los datos recogidos, se han podido estimar los volúmenes de entrada a cada una de las celdas monitorizadas, en función de los volúmenes bombeados y de los repartos estimados en cada una de las líneas.

Las siguientes gráficas representan los valores de caudal medio de entrada, asumiendo un valor constante de caudal entre periodos de muestreo, calculado a partir de los volúmenes tratados. En estas gráficas sí que se puede determinar el grado de cumplimiento de los valores objetivo para cada línea de flujo.

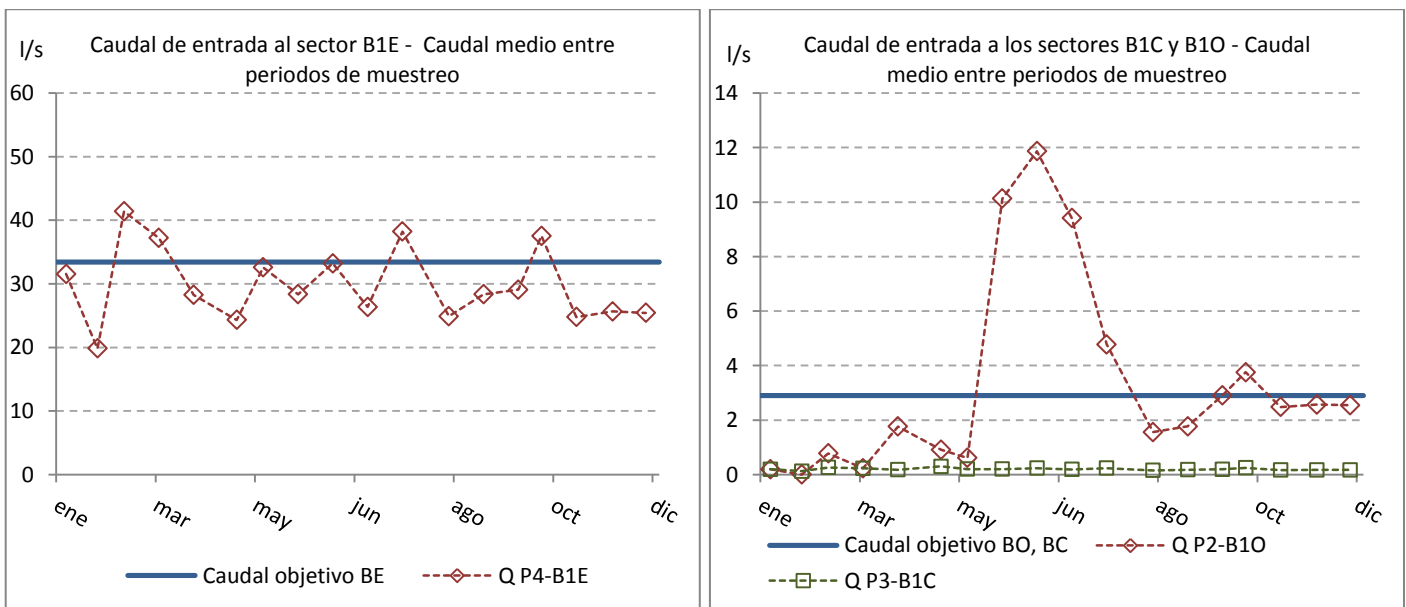


Figura 4.5. Caudal medio de entrada al sector B por las líneas Este, Centro y Oeste.

En primer lugar, se observa que en el caudal de entrada en el sector B1E por P4 se ha mantenido sensiblemente constante a lo largo de todo el año, y próximo al definido como objetivo en el DEG.

El sector B1C (P3) ha estado prácticamente cerrado durante todo el año 2015. Los caudales de entrada registrados se deben a las fugas existentes en el tubo de entrada, que han ido ganando entidad con el tiempo – inapreciable en la gráfica –. No obstante, comparado con los caudales de entrada a B10 y B1E, estos son insignificantes.

El sector B10 (P2) ha estado cerrado también los primeros 4 – 5 meses del año, abriéndose sólo de manera puntual para regar las pequeñas plantas que habían crecido tras la plantación del año 2014. A partir de mayo, las plantas se encontraban ya suficientemente desarrolladas como para poder restablecer los valores de caudal normales dentro del sector. Sin embargo, las fugas

existentes de esta celda obligaron a aumentar los caudales de entrada por encima de los objetivos durante los meses de verano, para conseguir mantener los niveles deseados. A partir de septiembre, se puede observar que el valor del caudal de entrada en B10 es muy cercano al objetivo.

A continuación se presenta (Figura 4.6) el gráfico de caudales aforados en los puntos de la línea de flujo BE (P4 – P5 – P6). En éste se observa cómo, en función de la hora del día a la que se realice el muestreo (y, por tanto, de cuánto tiempo haya pasado desde que se inició el bombeo), el caudal circulante es mayor al principio de la línea (punto P4) o al final (punto P6). En esta gráfica se puede observar también como el flujo por P4 es el más discontinuo, con puntos en los que el caudal llega a ser cero (en tiempos alejados del fin del bombeo), mientras que el comportamiento de P6 es más continuo, y no llega a anularse el flujo en ningún momento.

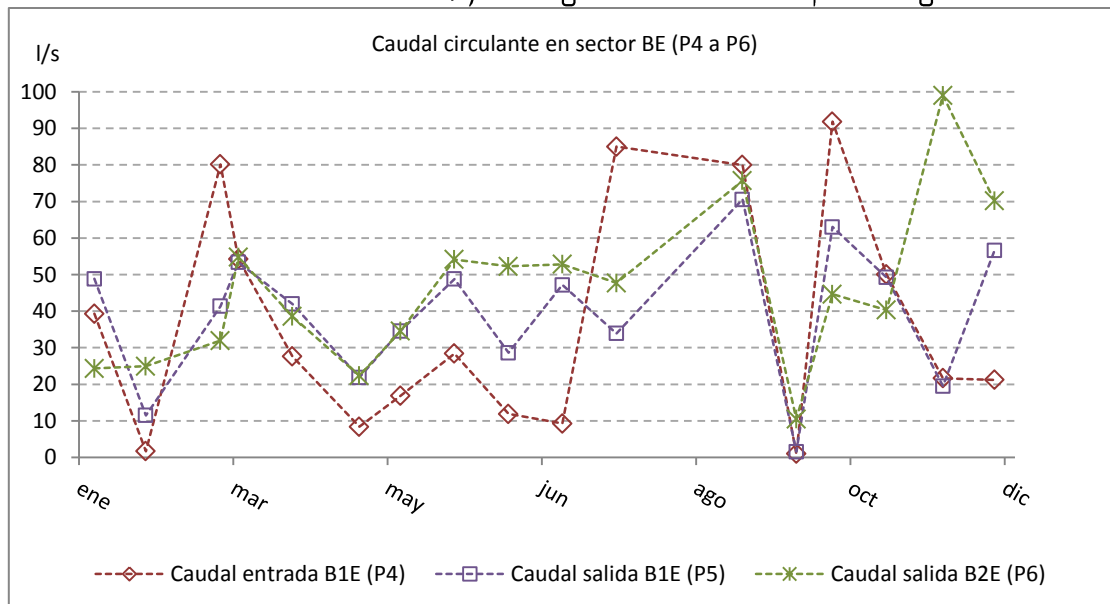


Figura 4.6. Caudales circulantes por Línea de Flujo Este en sector B

En la Figura 4.7 se representan valores de caudales circulantes hacia la laguna, entrando por el punto P7 (cabe recordar que la laguna también recibe caudal a través de un canal perimetral, que recoge los excesos de caudal bombeados al sector A, cuando la capacidad de éste se ve sobrepasada en bombeos excesivamente largos).

El caudal de entrada a la laguna es muy parecido al que circula por P6 (línea Este), ya que las otras líneas de flujo aportan poco caudal adicional (y han estado cerradas gran parte del año por motivos de supervivencia de la vegetación recién plantada). Sin embargo, en algunos casos todavía se observan diferencias entre P6 y P7, debidos a que el punto P7 está situado más aguas abajo y lámina más las discontinuidades producidas por el bombeo. En general, el comportamiento de P7 es mucho más continuo, y siempre se ha observado flujo de entrada a la laguna en cualquier momento temporal de la monitorización.

Los valores, además, se sitúan en torno a los objetivos definidos en el DEG. En cuanto a los caudales de salida de la laguna, el vaciado de la misma se realiza por bombeo, y también en esta

gráfica se puede observar cómo, pese a que el bombeo no se realiza de manera continua y regular, los valores medios entre periodos de muestreo indican que los volúmenes tratados están en torno a los establecidos para el humedal (correspondientes a un caudal medio continuo de unos 40 l/s).

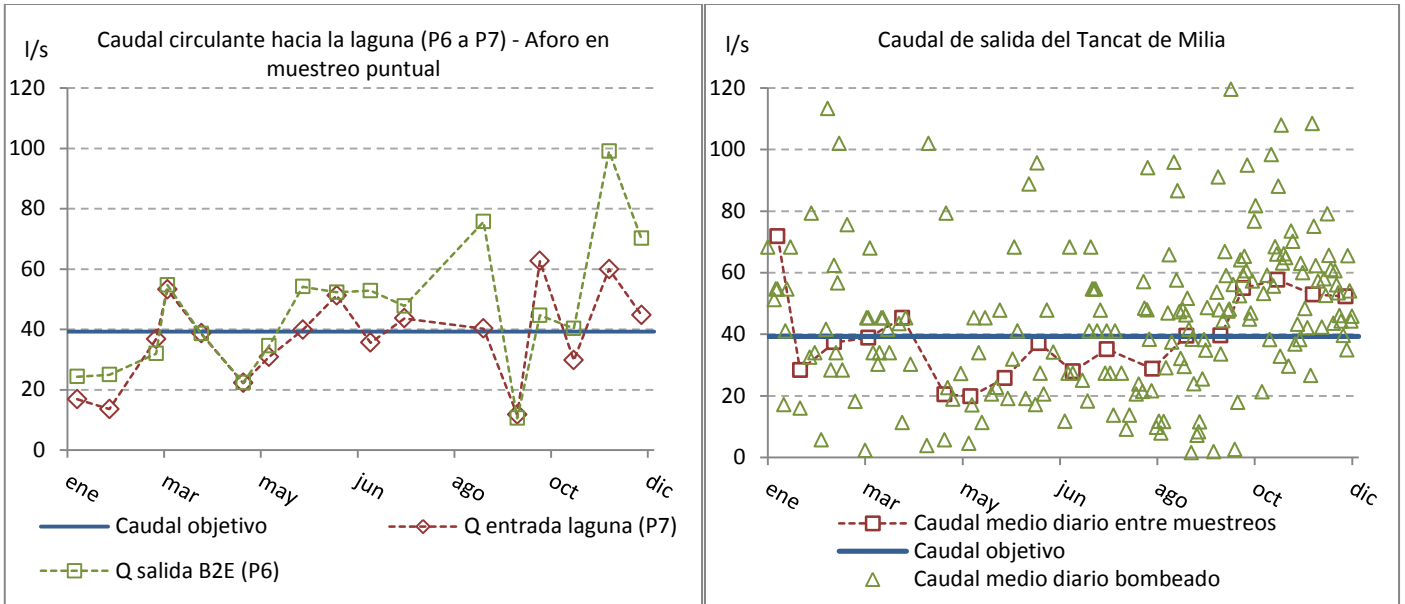


Figura 4.7. Caudales en la laguna (sector C)

4.3.2 Volúmenes tratados en los sectores monitorizados

En términos netos, durante el año 2015 se ha bombeado prácticamente la misma cantidad de agua de entrada al Tancat de la que se ha bombeado de nuevo a la Albufera, sin contar con datos de precipitación y evapotranspiración (ha salido por P8 un 98.5% lo que ha entrado por P1).

En las gráficas de la Figura 4.8, se observa un ligero aumento de los volúmenes de entrada y descenso de los de salida durante los meses de verano, que se corresponde con el momento en que comenzaron a llenarse de nuevo los sectores B10 y B20. Hacia finales de año, aumentan ligeramente los bombeos de salida, coincidiendo con la época en la que los niveles en la Albufera están altos, y puede entrar algo de agua por infiltración al humedal.

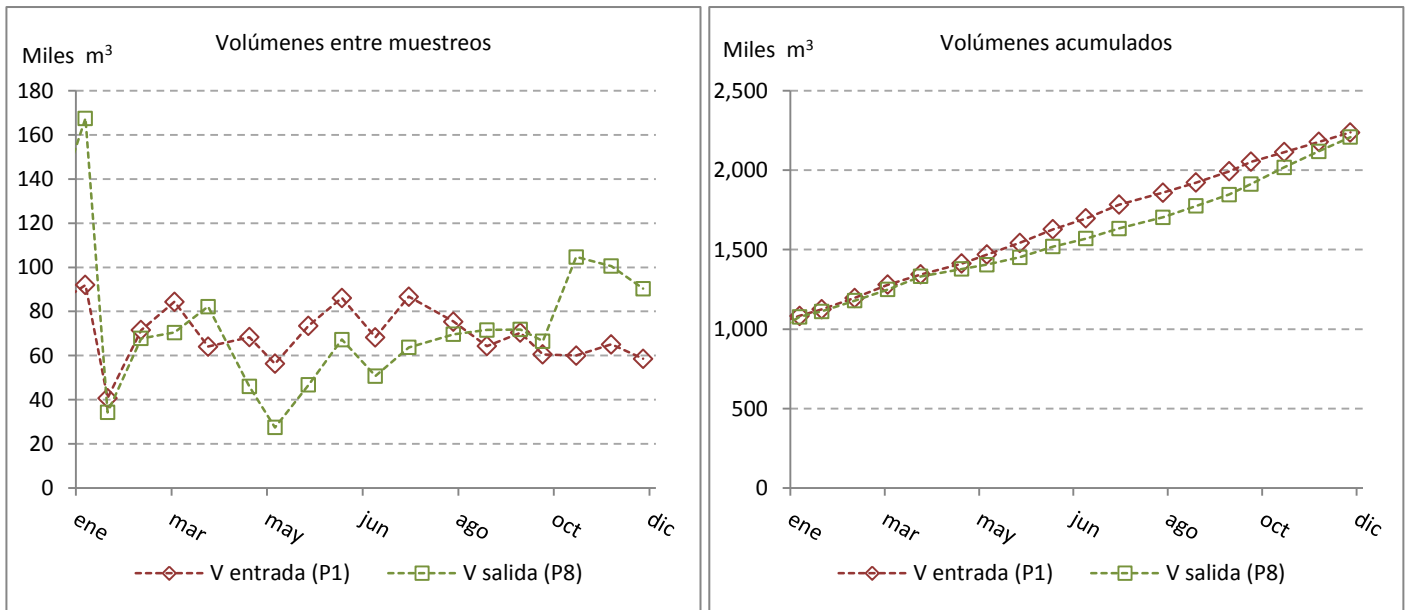


Figura 4.8. Volúmenes de entrada y salida del humedal, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

En cuanto a la distribución de caudal entre los sectores superficiales, hay que distinguir entre las diferentes situaciones o modos de funcionamiento que se dieron en el año 2015, según la posición de las compuertas de entrada a cada una de las líneas de flujo.

En la primera de ellas, que se mantiene desde principio de año hasta principios de mayo, la mayor parte del volumen de agua inyectado en el humedal circula por la línea de flujo B1E, ya que B1O y B1C se mantienen cerrados. En este caso, entra en torno a un 80% a la celda B1E, habiendo sido calculado este porcentaje a partir de la evolución continua del caudal de entrada en P4 que se obtuvo al colocar la sonda de presión en el año 2014. El 20% restante se encuentra repartido entre los siguientes flujos:

- Una pequeña 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.
- De la misma manera, una pequeña parte del caudal rebosa también por la parte posterior del canal de distribución del sector A en momentos cercanos al final del bombeo (cuando los niveles son muy altos). El porcentaje de caudal es pequeño y el flujo existe únicamente durante unas pocas horas.
- La entrada a la celda B1C presenta fugas por debajo del tubo que fueron detectadas durante el secado de la celda. Estas fugas no han podido ser cuantificadas, ya que dependen del nivel existente en la propia celda B1C, y han ido aumentando conforme se deterioraba la grieta existente entre el tubo de entrada y el hormigón en el que está encastrado. Los días en los que las fugas estaban más visibles se estimaba un caudal de entrada entre 1 y 2 l/s.

- La compuerta de la celda B10 se ha abierto en ocasiones puntuales para permitir el riego de la vegetación recién plantada.

En la gráfica izquierda de la Figura 4.9 se observa un descenso del volumen de entrada a B1E a finales de enero – principios de febrero. Esto se debe a que el sistema de encendido remoto de las bombas nos estuvo operativo en este periodo, y el bombeo tenía que realizarse de manera manual, por lo que no pudieron cumplirse los objetivos de bombeo definidos en el DEG. No obstante, la situación se compensó en cuanto el sistema de encendido se hubo reparado.

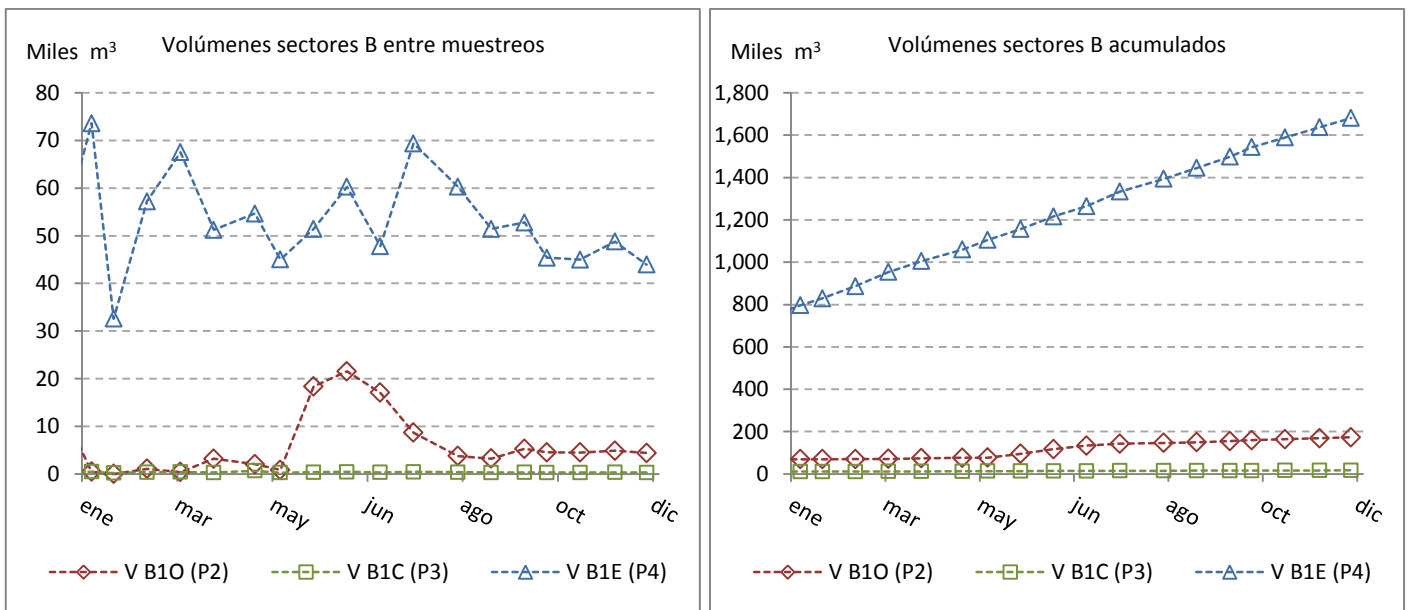


Figura 4.9. Volúmenes de entrada en Sector B, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

El segundo modo de funcionamiento corresponde a los meses de mayo a agosto, durante los cuales se llevó a cabo el llenado de las celdas de la línea de flujo Oeste, abriendo la compuerta de B10. Así, por la línea BE circuló durante estos meses aproximadamente el 70% del caudal bombeado, mientras que por la línea BO circulaba en torno al 20%. En la gráfica de la izquierda se observa el aumento en los caudales de entrada a B10, pero no tanto el descenso en los de entrada a B1E, ya que se intentó aumentar ligeramente los caudales bombeados para compensar el flujo que se estaba desviando hacia la línea Oeste (las fluctuaciones en el caudal de entrada se deben precisamente a estas maniobras de ajuste).

Por último, tercer modo de funcionamiento, a principios de septiembre, el caudal de entrada a B10 se restituyó a los valores establecidos en la estrategia de gestión, entrando a esta línea en torno a un 7.5% del volumen inyectado. El volumen de entrada a la línea Este se situó en torno al 75% del volumen de entrada al humedal, y la entrada a B1C, debida principalmente a las fugas, representa un porcentaje muy pequeño de los tratados por las otras dos líneas.

En cuanto a los volúmenes tratados en los distintos sectores de la línea de flujo BE, 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. A lo largo del año 2015 se ha comprobado de manera periódica que los caudales de salida de B1E fueron iguales que los de entrada a B2E (es decir, que la mota que se construyó en el canal intermedio siguiera cumpliendo su papel, y no existiera una derivación del flujo hacia el sector central).

Los volúmenes tratados entre muestreos y acumulados, considerando precipitación y evapotranspiración, se presentan en las gráficas de la Figura 4.10.

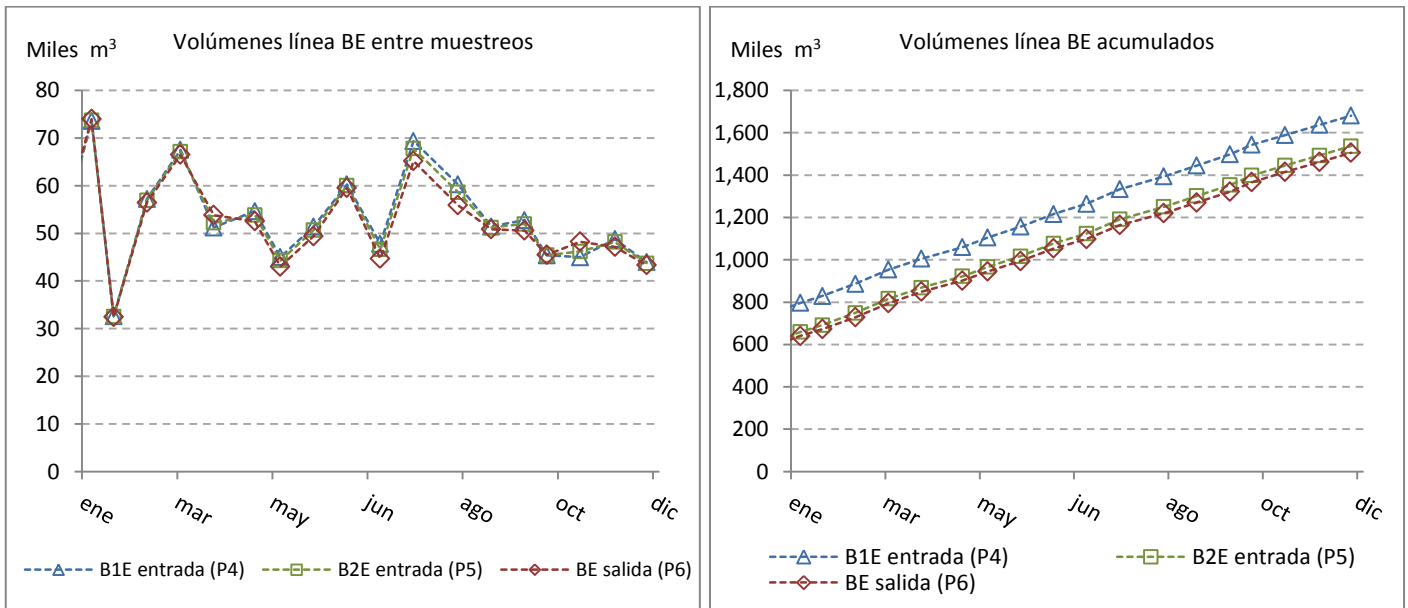


Figura 4.10. Volúmenes tratados, línea de flujo Este sector B, en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha)

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.

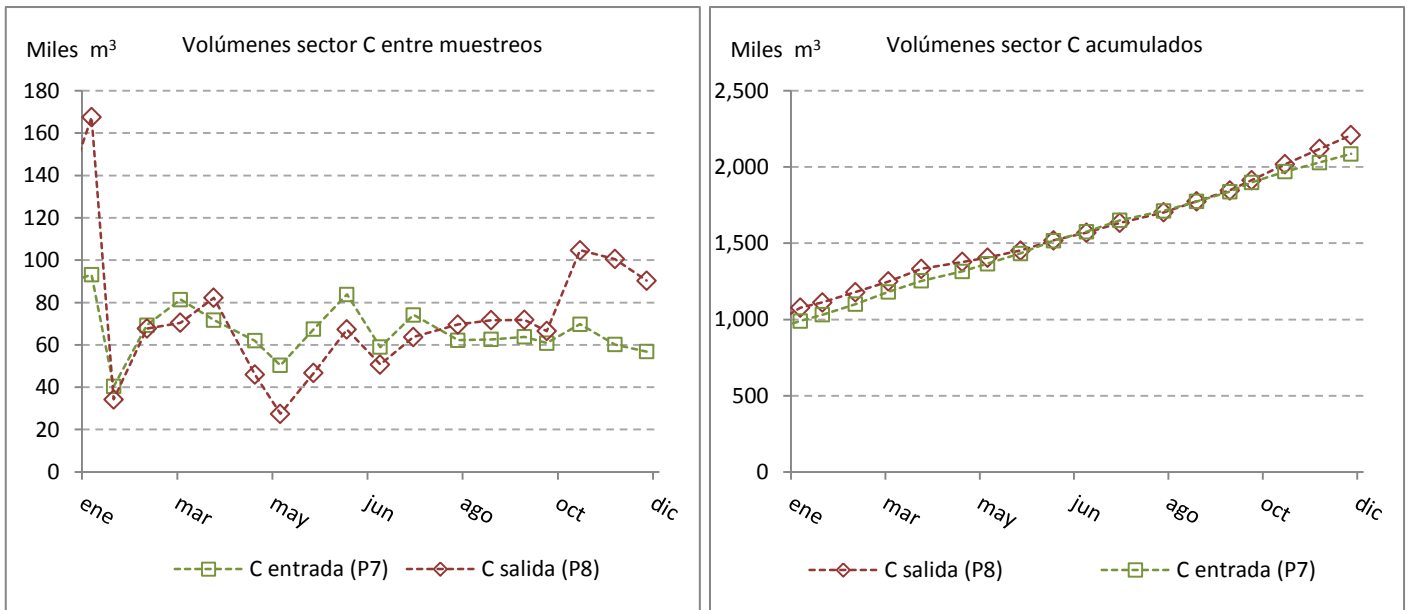


Figura 4.11. Volúmenes tratados por la laguna (sector C), en miles de m³, por periodos entre muestreos (izquierda) y acumulados (derecha).

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) 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)

Con los datos recogidos en el año 2015 se han completado y vuelto a ajustar las curvas obtenidas para estos dos puntos en el año 2014, y presentadas en el informe anterior.

Para el punto P4, la bondad del ajuste continúa siendo muy satisfactoria (Figura 4.13), como se desprende del valor del coeficiente r^2 . Por otra parte, el valor de C_e ajustado es coherente con el que se puede obtener aplicando las ecuaciones empíricas propuestas para su estimación en la literatura técnica. No obstante, también se ha observado que para valores de calado sobre el vertedero superiores a 13 – 14 cm, el vertido comienza a anegarse, o por lo menos no existe una aireación suficiente entre la lámina vertiente y la pared del vertedero, del lado de aguas abajo, por lo que la ecuación obtenida no es de aplicación en esos casos, ya que hemos observado, sobreestima el caudal real.

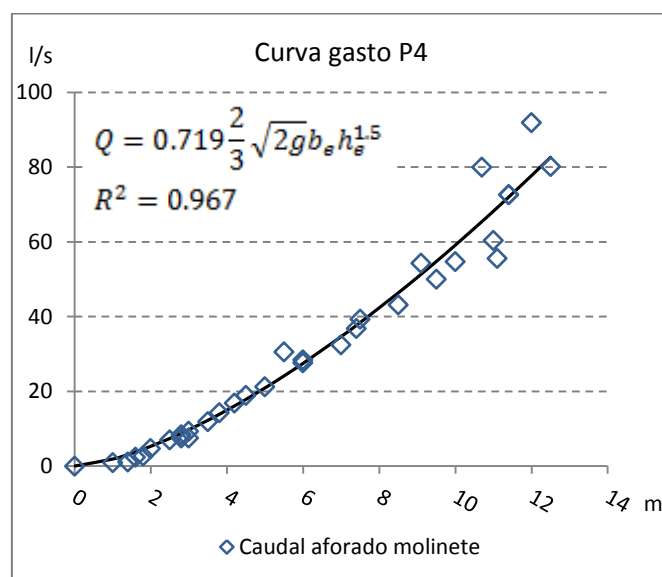


Figura 4.13. Ajuste de ecuaciones de vertedero rectangular en pared delgada para el punto P4

En cuanto al punto P6 (Figura 4.14), la altura del tablón que ejerce de vertedero fue modificada a finales del año 2014, para mejorar el desagüe de este sector y evitar niveles excesivamente altos aguas arriba. Este hecho, unido a la constante presencia de vegetación obstruyendo este paso, no ha posibilitado el ajuste de una curva única para este punto. Como se observa en la gráfica derecha, para un coeficiente $C_e = 0.566$, el valor del r^2 es sólo de 0.697, y para englobar todos los puntos obtenidos, habría que modificar el valor del coeficiente de descarga entre 0.35 (curva a trazos inferior) y 0.8 (curva a trazos superior). Por tanto, y en este caso, la curva de gasto sería solamente de utilización a falta de aforo directo con molinete y sólo como una aproximación grosera.

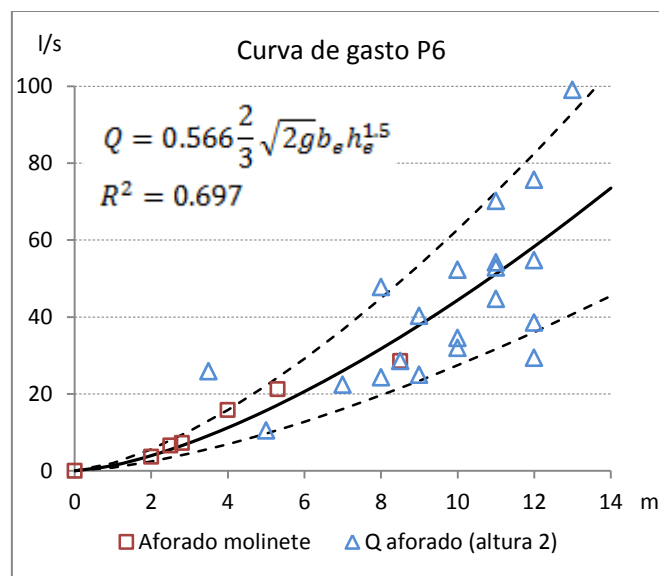


Figura 4.14. Ajuste de ecuaciones de vertedero rectangular en pared delgada para el punto P6

Respecto a las entradas a la laguna, durante el año 2015 se mantuvieron abiertas tanto la primera como la última compuerta, para mejorar el desagüe y evitar niveles más altos de lo deseado tanto en el canal donde vierten los sectores superficiales, como en los propios sectores. Esto supuso aforar dos tubos más en cada muestreo, puesto que ambas entradas están compuestas de dos conductos, situados además a diferentes alturas (por lo que los tubos de la primera compuerta desaguan en lámina libre, y los de la tercera suelen hacerlo en presión).

Para facilitar las tareas de aforo, se analizó la relación entre los caudales circulantes por cada una de las entradas y el caudal total en P7. La gráfica de la Figura 4.15 representa la relación entre el caudal circulante por la primera compuerta, y el caudal total de entrada a la laguna. Para el rango de caudales aforados, es posible definir una relación lineal con un alto grado de ajuste a los datos obtenidos.

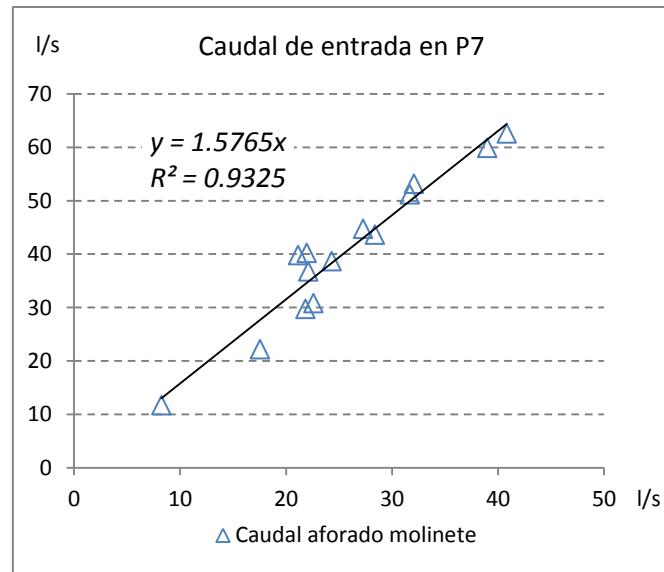


Figura 4.15. Relación de caudales en la entrada a la laguna. Caudal total en función del caudal aforado en la primera compuerta.



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 2015 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 ($\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

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 $0.060 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ y un TRH de 5 días. Durante este año 2015, como ya se ha comentado, los volúmenes inyectados en la línea Este han sido muy próximos a los objetivo, por lo que en general, los valores de CHS son los previstos en el DEG. En cuanto a los TRH, los valores teóricos son ligeramente superiores a los previstos, ya que los calados también son, en algunos casos, superiores a los 30 cm previstos (aunque en general se mantienen bastante más los valores objetivos que en el año 2014).

No obstante, hay que hacer hincapié en que los sectores de la línea Este no se han replantado (ya que al ser la principal línea de flujo en estudio, no se podía interrumpir su funcionamiento a lo largo del periodo de monitorización). La falta de vegetación en los sectores puede haber facilitado la vía directa entre entrada y salida de los sectores, sin su correcta distribución por toda la superficie del mismo.



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 ³ m ⁻² d ⁻¹)	Calado B1E (m)	Calado B2E (m)	TRH B1E (d)	TRH B2E (d)	TRH BE (d)
07/01/2015	2726	0.0567	0.375	0.375	2.5	4.1	6.6
26/01/2015	1715	0.0357	0.375	0.375	3.9	6.6	10.5
11/02/2015	3575	0.0744	0.3	0.27	1.5	2.3	3.8
04/03/2015	3215	0.0669	0.3	0.27	1.7	2.5	4.2
25/03/2015	2440	0.0508	0.3	0.27	2.2	3.3	5.5
20/04/2015	2102	0.0438	0.3	0.27	2.6	3.9	6.5
06/05/2015	2814	0.0586	0.48	0.31	3.1	3.4	6.4
27/05/2015	2449	0.0510	0.48	0.31	3.5	3.9	7.4
17/06/2015	2870	0.0597	0.48	0.31	3.0	3.3	6.3
08/07/2015	2277	0.0474	0.48	0.31	3.8	4.2	8.0
29/07/2015	3303	0.0687	0.48	0.31	2.6	2.9	5.5
26/08/2015	2153	0.0448	0.48	0.31	4.0	4.4	8.5
16/09/2015	2449	0.0510	0.31	0.25	2.3	3.1	5.4
07/10/2015	2514	0.0523	0.31	0.25	2.2	3.0	5.3
21/10/2015	3242	0.0675	0.31	0.25	1.7	2.3	4.0
11/11/2015	2142	0.0446	0.31	0.25	2.6	3.4	6.0
03/12/2015	2218	0.0462	0.33	0.28	2.7	3.8	6.5
23/12/2015	2197	0.0457	0.33	0.28	2.7	3.8	6.6



4.5. Evolución de caudales en función del tiempo

Debido al carácter discontinuo de las entradas por bombeo al Tancat de Milia, el caudal que circula por los puntos de muestreo no es constante. Durante el año 2014 se colocó una sonda de nivel en P4 para poder realizar un registro continuo de caudales circulante por este punto, obteniéndose conclusiones muy importantes respecto a la respuesta al bombeo del sector subsuperficial (ver epígrafe 4.4 del Informe de 2014).

Durante el año 2015 no ha sido posible colocar instrumentación de medición en continuo en otros puntos, pero para poder analizar cómo varían los caudales a lo largo del día (o en el periodo entre bombeos), las campañas de muestreo en este Tancat se planificaron a diferentes horas. Así, se ha conseguido aforar puntos en momentos temporales que varían entre pocos instantes después del inicio del bombeo, hasta más de 20 horas después. Además, también se realizó una campaña de muestreo 24 horas después de uno de los bombeos (pocos instantes antes del bombeo siguiente), para comprobar si el flujo llegaba a interrumpirse en los puntos más alejados de la entrada.

Para poder analizar los datos de la Figura 4.16, es imprescindible tener en mente el hidrograma de entrada por bombeo desde el punto P1, representado en gráfica a). Este hidrograma tipo tiene una duración de entre 10 y 11 horas, con un caudal punta, Q_p , de 125 l/s.

En la gráfica b) se representa la entrada al sector B1E por el punto P4, y en ella se puede observar el efecto del sector A, subsuperficial, sobre el flujo de entrada. En primer lugar, el pico del hidrograma se ha visto reducido en un 25%, desde los 125 l/s de entrada, constantes, a un pico de 95 l/s en el sector B1E. Además, mientras que el bombeo se realiza durante únicamente 10 – 11 horas, la respuesta en la salida del sector subsuperficial se prolonga durante más de 20 horas. El efecto laminador del sector A es evidente (baja el caudal pico, y lo retrasa en el tiempo).

Por otra parte, en función del grado de apertura de los sectores B10 y B1C, por P4 deja de circular agua entre 20 y 24 horas después del inicio del bombeo (es decir, unas 10 – 15 horas después del fin del bombeo). Es decir, el sector subsuperficial suaviza el funcionamiento discontinuo de las bombas, pero no lo elimina por completo.

Si bien es cierto que en algunos momentos parte del caudal ha entrado en la celda B10, como se ha dicho anteriormente este caudal es muy pequeño en comparación con el que circula por la línea Este. En la gráfica c) se puede observar como el orden de magnitud es claramente inferior.

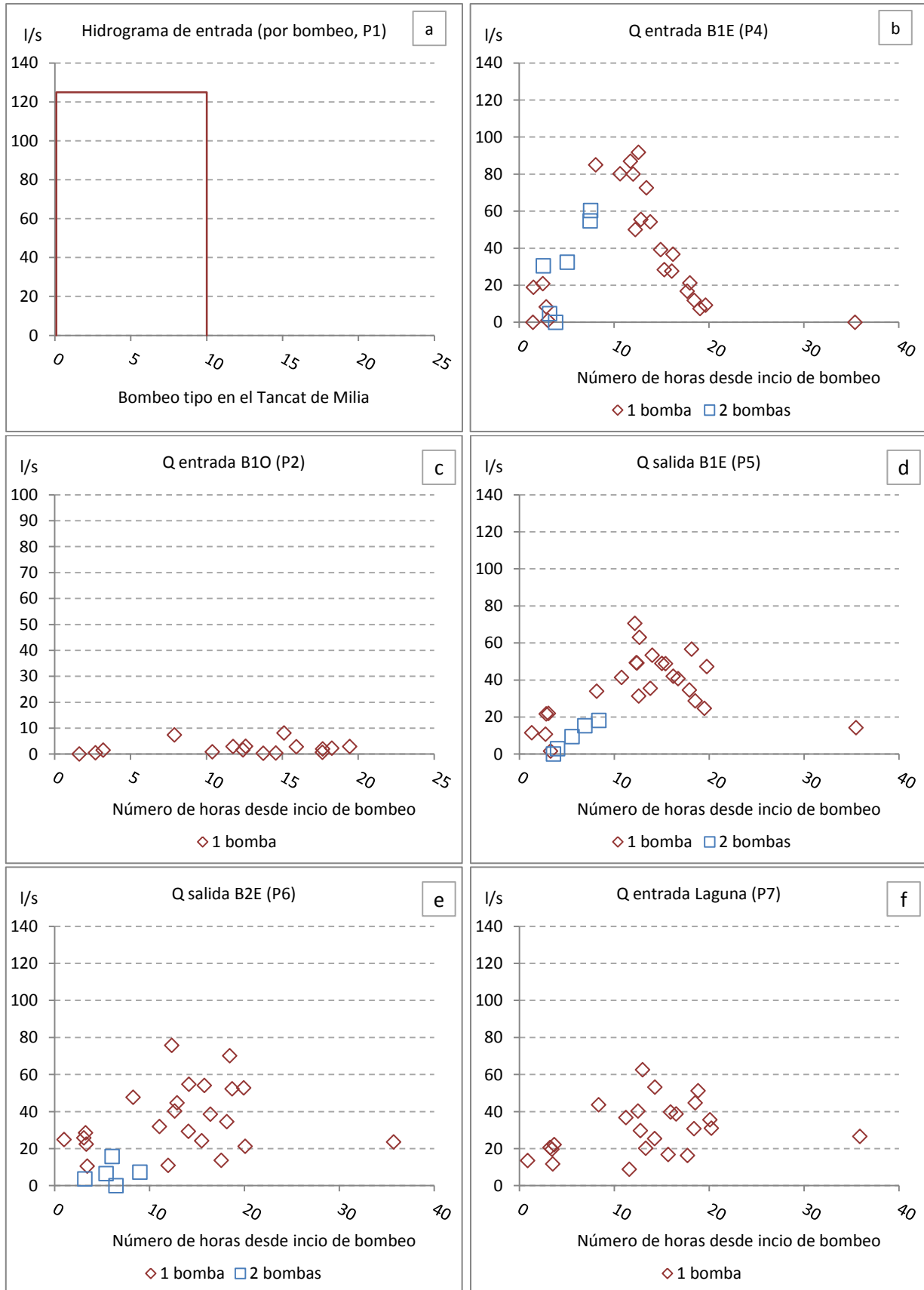


Figura 4.16. Evolución temporal de caudales en el humedal

Siguiendo por la línea de flujo Este, en gráfica d) se presentan los caudales aforados en la salida del sector B1E. Nuevamente, en esta gráfica se observa cómo el efecto del bombeo discontinuo sigue siendo importante (se tiene, en cada periodo de bombeo, una rama ascendente y otra descendente bastante diferenciadas). Pero el efecto laminador del sector superficial B1E también es notable, ya que el pico de salida se ve reducido otro 25% respecto del de entrada. En el punto P5, además, se observa cómo a las 20 horas del inicio del bombeo, todavía circula un caudal alto por este punto. Incluso, en el aforo que se realizó 35 horas después del inicio del último bombeo, el caudal que circula no es despreciable.

No obstante, este punto (y el siguiente, el punto P6), dependen también de los bombeos antecedentes al que se está considerando. Por ejemplo, si existen puntos de aforo a las 2 o 3 horas del inicio del bombeo en los que todavía no circula caudal de salida del sector B1E (situación que se da si el bombeo anterior ha sido corto o se realizó más de 24 horas antes).

Respecto al efecto del segundo de los sectores superficiales de la línea Este, B2E, la gráfica e) muestra el hidrograma de salida de este sector (siendo el del punto P5 tanto el de salida de B1E como el de entrada de B2E). En este caso, ya no se observa una reducción importante respecto del caudal de entrada, pero el hidrograma ya no presenta la forma de pico característica de P4 y P5, y entre las 5 y 20 horas del inicio del bombeo se encuentran tanto caudales altos como bajos. Además, desde que se inician los bombeos con una sola bomba durante más horas, no se observa en ningún momento el cese del flujo en P6.

Por último, la entrada a la laguna, en la gráfica f), presenta un comportamiento muy similar a P6, más continuo, sin picos de caudal, y con un valor mínimo situado en torno a los 10 l/s.

En la Figura 4.17 se presentan estos mismos datos, agrupados en la misma gráfica para poder comparar de una manera visualmente más sencilla la disminución de caudales pico y retraso de tiempos de respuesta en la línea de flujo BE (P1 - P5 - P6) y entre el bombeo de entrada y la entrada a la laguna (P1 - P7, con el punto intermedio P4).

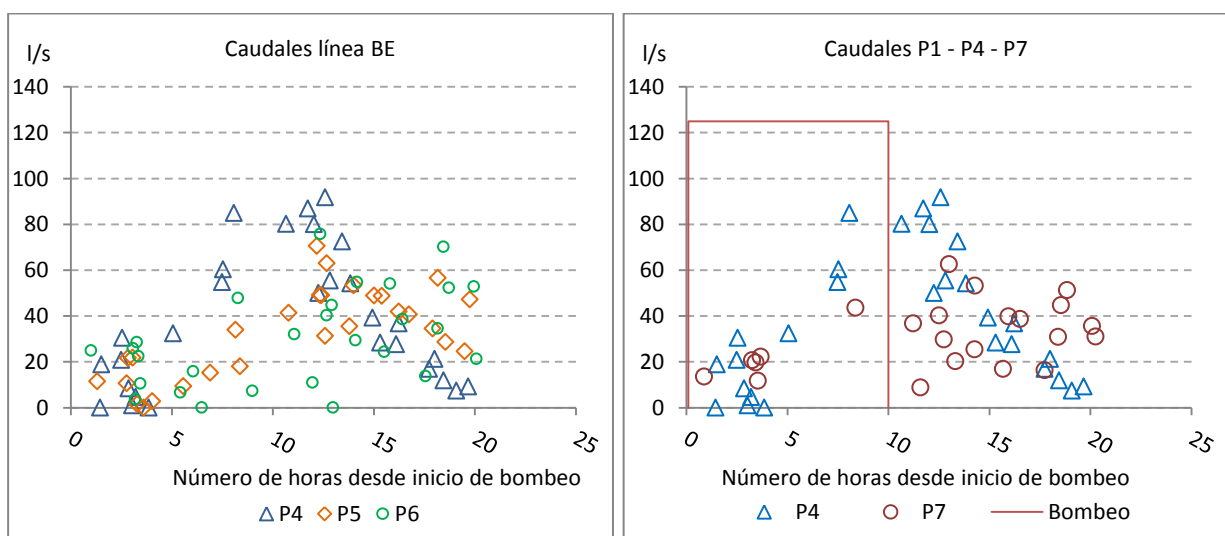




Figura 4.17. Evolución de caudales a lo largo del tiempo según línea BE (izquierda) y en P1-P4-P7 (derecha)

4.6. Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2015, así como las acciones llevadas a cabo para poder solucionarlas.

Fecha	Incidencia	Solución
07/01/2015	Se han abierto nuevamente las tres entradas a la laguna, porque únicamente con la tercera compuerta abierta el canal final no desagua bien a la laguna. La segunda entrada no se puede aforar, porque el acceso es complicado.	Se propone mantener abiertas únicamente la primera y la última de las compuertas, y comprobar si es suficiente para el correcto desagüe hacia la laguna. A partir de este momento se aforarán siempre estas dos entradas.
25/02/2015	Se observa una pequeña fuga en la mota construida en el canal intermedio entre los sectores B1 y B2	Se comparan los caudales de salida de B1E (P5) y entrada a B2E (P5'), constatándose que la diferencia entre los mismos no es significativa. No se actúa sobre la mota, pero se controla periódicamente su integridad.
04/03/2015	Se abre puntualmente la compuerta de B10 para regar las plantas.	El volumen de entrada no es significativo y no se realiza un ajuste de los volúmenes de entrada bombeados.
27/05/2015	Se abre la entrada a B10 de manera permanente, para recuperar los niveles originales en el sector, con la introducción de caudales más altos que los definidos en el DEG.	Se modifican ligeramente los bombeos de entrada para asegurar que los volúmenes definidos en el DEG para la línea de flujo Este siguen entrando por P4.
	Se abre puntualmente la compuerta de entrada a B1C para riego. Se observan fugas alrededor del tubo de entrada, pero no es posible aforarlas.	Cuando los niveles de B1C están más bajos y las fugas son más visibles (y mayores), se comparan visualmente con el caudal de entrada por el tubo, estimándose en 1 - 1.5 l/s y, por tanto, poco significativas en el comportamiento global.
16/09/2015	Se ha vuelto a fijar la compuerta de B10 para que entre el caudal definido en el DEG	Se comprueba en futuros muestreos que el caudal es el necesario para los objetivos de gestión, y se recalculan los porcentajes de volumen de entrada a cada línea de flujo.
Varios	Se ha producido un cambio en la empresa gestora del humedal (Pavagua).	
	Debido a fallos en el sistema de encendido remoto, durante el mes de enero se bombeó por debajo de los volúmenes fijados en la estrategia de	Se compensan estos volúmenes en futuros bombeos



	gestión	
	El sistema SCADA falló en algunos meses y no se podía acceder a la información sobre los bombeos de salida, que se realizan automáticamente	Se reparó el sistema y se pudo acceder a los datos. Posteriormente también se averiguó la forma de acceder a datos de funcionamiento de varios años atrás, más precisos que los obtenidos hasta la fecha. Haber tenido estos datos durante el proyecto habría supuesto una mejora en los cálculos de volúmenes bombeados.
	La salida del sector B2E se obstruye con vegetación fácilmente, pese a su mantenimiento regular	La vegetación no parece influir en el correcto desagüe de este sector (queda suficiente sección libre), pero afecta a la calibración de la ecuación de vertedero en este punto. La curva de gasto obtenida tiene una utilidad muy limitada.

4.7. 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), y así facilitar la monitorización y mejorar la gestión de la información.
- 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).
- Seguir mejorando el bombeo en los términos planteados en el apartado 4.2, es decir, accionamiento remoto automático con funcionamiento en horas de tarifa eléctrica valle durante todos los días de la semana, etc.
- Instalar equipos de monitorización continua 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. Como se comentará más adelante, hasta el mes de septiembre, se ha bombeado en promedio unas 8 horas al día con caudales medios entre 390 y 490 m³/h. A partir de septiembre, el bombeo pasó a ser nocturno (de 00:00 a 08:00) a un ritmo de 290 m³/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, resulta interesante muestrear en distintas horas del día para poder detectar la posible influencia de este hecho en los aforos, habiéndose realizado aforos en la franja horaria 08:00 – 18:00.

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 encontrarse 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 mediante 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.

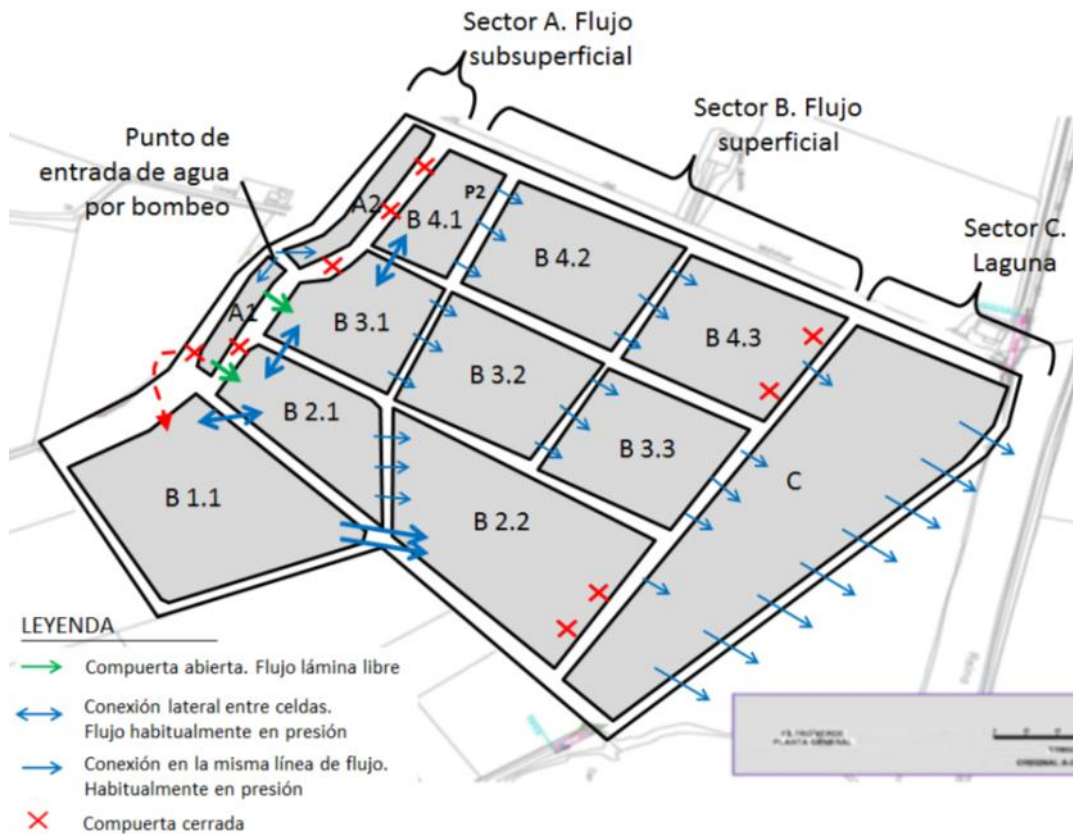


Figura 5.2. Esquema de funcionamiento hidráulico del Tancat de l'Illa



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 buena parte del período de muestreo), 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, lo que ha ocurrido con cierta frecuencia durante el año 2015.

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 abajo 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 normalmente 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, las salidas de la laguna a l'Estany no han quedado regularizadas hasta el mes de junio, y ello debido a una fuga existente en la arqueta conectada con la laguna (por la que se realiza el vaciado de la misma cuando es necesario) por la que el agua ha estado saliendo de la laguna hacia l'Estany sin que fuera posible cuantificarla. Esta fuga fue detectada durante el año 2014 y finalmente reparada, tras dos vaciados de la laguna en marzo y abril de 2015, respectivamente. Y al igual que ya ocurrió en el año 2014, en el 2015 los puntos de salida del tancat hacia l'Estany no han entrado en funcionamiento hasta los últimos meses del año, en los que se han constatado 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 2015, se han centrado, al igual que en el año 2014, en las celdas de flujo superficial de las líneas de flujo B3 y B4, y la laguna (sector C). A ellas, hay que añadir el seguimiento de las conexiones de la celda B1.1 con las celdas B2.1 y B2.2 (llevado a cabo desde enero), así como el aforo periódico de la entrada P1 en el tubo (rejilla), en este caso desde el mes de junio.

Se aforan por tanto caudales de manera periódica (cada tres semanas) en 11 puntos representativos, que son los siguientes:

- Entrada al Tancat de L'Illa: punto P1 (bombeo y tubo).
- Conexiones de la celda B1.1 con las celdas B2.1 y B2.2.

- 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 (algunos de los cuales suelen encontrarse parcialmente aterrados, incluso en alguna ocasión y posición, completamente 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 singular

Durante el año 2015 el humedal del Tancat de L'illa estuvo funcionando de manera singular en ciertas ocasiones que se comentan a continuación.

La laguna tuvo que vaciarse dos veces (marzo y abril) para solucionar el problema de fugas que detectó Pavagua en las compuertas que conectan la laguna con la cámara de bombas y con el exterior del humedal. En esos períodos se cerraron todas las compuertas de conexión con los sectores superficiales, y se dejó de bombear agua al humedal.

A éstos hay que añadir los episodios en los que no se ha podido bombear porque la conductividad en L'Estany de la Plana era muy alta, en los que sistemáticamente se ha observado una entrada importante de caudal desde los campos de arroz, en especial a través del sector B1, que está completamente rodeado de campos.

Por último, la salida por gravedad desde la laguna hacia L'Estany se ha producido, al igual que en 2014, durante los meses de invierno cuando el nivel de ésta es suficientemente alto. Como puede verse en la tabla 1 del apéndice, se ha registrado flujo por esta conexión en enero-febrero y en



noviembre-diciembre, siendo especialmente importante en este último período (unos 45 l/s, muy por encima del valor objetivo de caudal, lo cual sigue soportando la idea de la existencia de un flujo entre los campos de arroz y el humedal). Adicionalmente, subrayar un caudal de salida bajo pero apreciable, registrado en junio.

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 y al igual que en 2014, sólo tienen una compuerta abierta cada una.

En el gráfico de la Figura 5.6 se representa, a la izquierda, el caudal medio diario bombeado. Este caudal se ha calculado dividiendo el volumen bombeado cada día entre 24 horas. Se ve claramente un promedio en el entorno de 40 l/s, con un período entre junio y septiembre aproximadamente en el que se han producido entradas de caudal de mucho mayor valor (alcanzándose picos de 200 l/s).

En este humedal, hasta septiembre de 2015, 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 m³/h. Este volumen, de 3200 m³ diarios, 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. A partir de septiembre, el bombeo pasó a ser nocturno (de 00:00 a 08:00) a un ritmo de 290 m³/h, lo cual supone un caudal medio diario de 26.85 l/s, esto es, prácticamente el caudal objetivo. Además, de esta manera se aprovecha la tarifa eléctrica reducida de las horas valle nocturnas, lo que ha sido posible gracias a la puesta en funcionamiento de un sistema de encendido remoto de los equipos de bombeo.

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. Solamente en el período de mayo a septiembre se mantienen unos valores en torno al objetivo, en medida conseguidos gracias a las altas inyecciones de caudal comentadas anteriormente. El resto del año presenta valores promedio mucho más bajos que los objetivo. Los valores bajos de la primavera corresponden con los dos momentos en que se practicó el vaciado de la laguna.

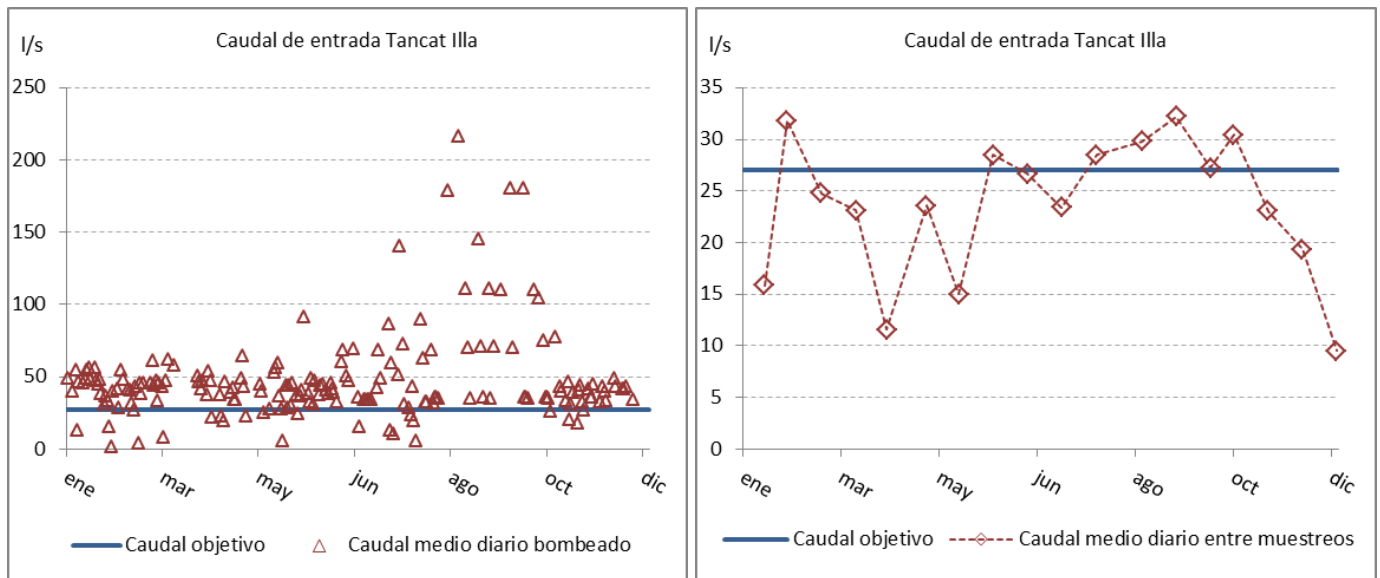


Figura 5.6. Caudales de entrada por bombeo al Tancat de l'illa (2015)

Estos caudales se reparten desde el sector A según lo descrito en el epígrafe 5.1 Durante el año 2015 se han monitorizado todos los puntos en instantes temporales distintos (entre 30 minutos y 12 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 5.7 se representan los caudales aforados en el punto P3. 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. No existen datos de caudal aforado en noviembre y diciembre puesto que en estas fechas, la conexión se encontraba totalmente aterrada de sedimentos. En la gráfica de la derecha se observa cómo el caudal va aumentando conforme se inyecta volumen en el Tancat, hasta estabilizarse en un valor de aproximadamente 22 l/s, aunque no existe un patrón claramente definido.

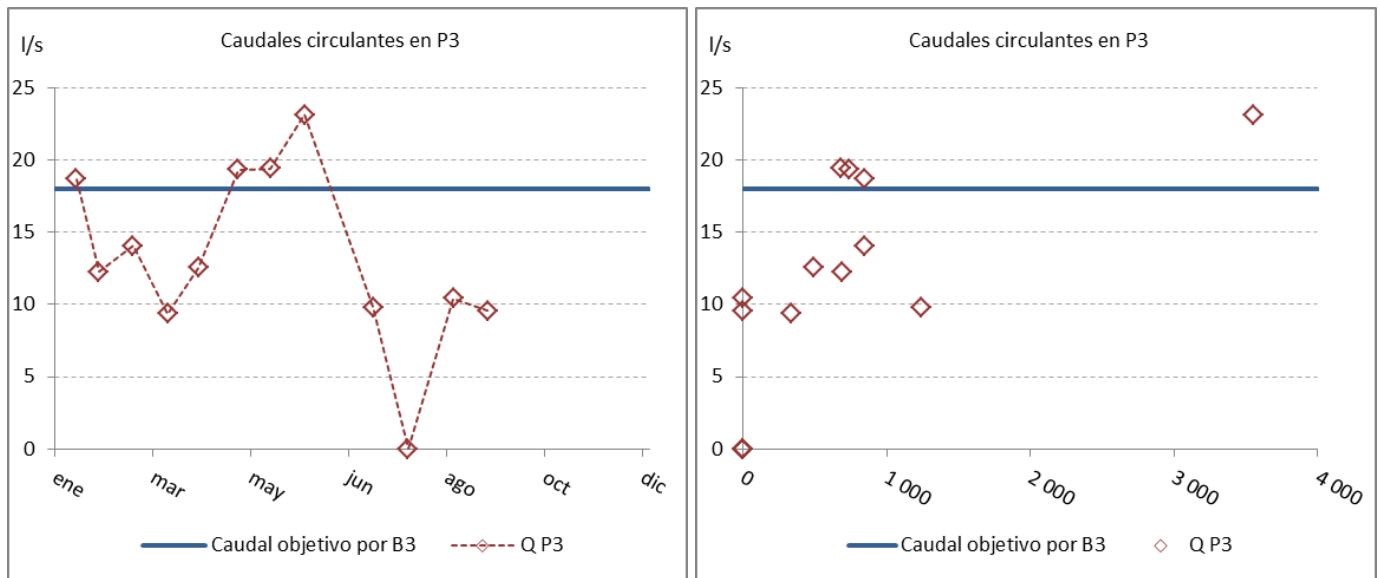


Figura 5.7. Caudales aforados en el punto P3 (conexión B3.1 – B3.2)

En las gráficas de la Figura 5.8 se representan los mismos resultados para el punto P2

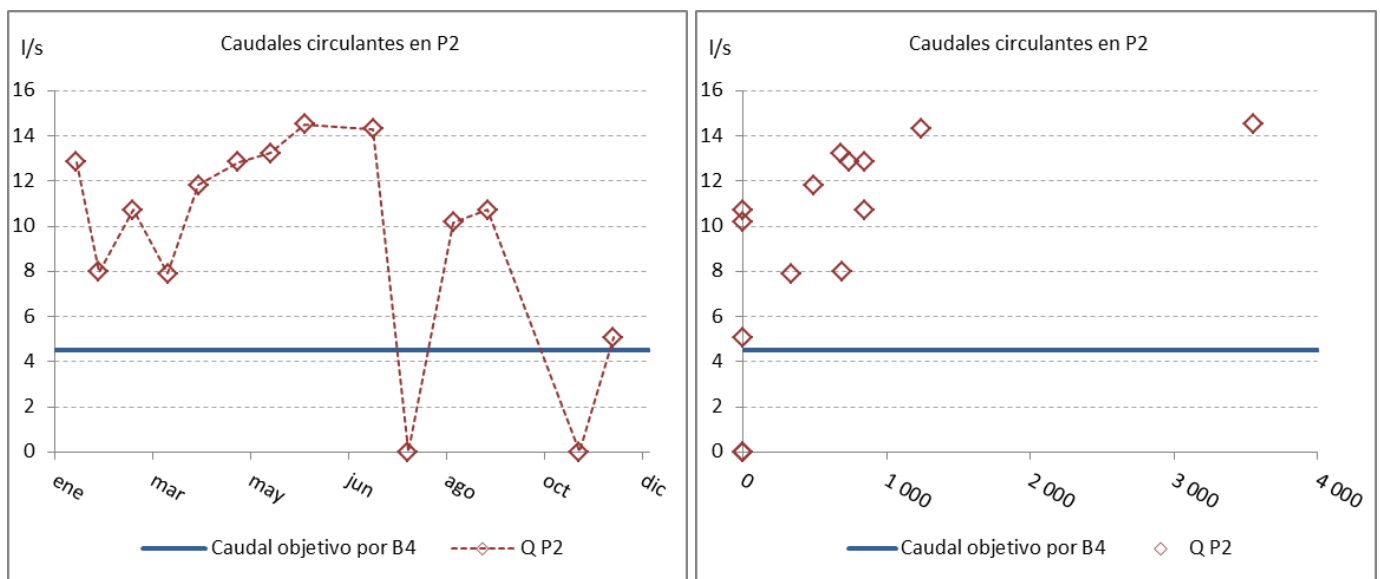


Figura 5.8. Caudales aforados en el punto P2 (conexión B4.1 – B4.2)

El caudal circulante por esta línea ha resultado ser de 2 a 3 veces el objetivo. Además, se observa cierta tendencia entre el volumen inyectado y el caudal circulante. El incremento de caudal circulante por P2 parece estabilizarse en un máximo de 14 l/s, valor algo más de 3 veces superior al objetivo.

A diferencia de lo que ocurrió en 2014, en 2015 no existe una relación clara entre la proporción de caudal circulante por P2 y P3 y la diferencia de niveles entre sus celdas asociadas, como se representa en la gráfica derecha de la Figura 5.9. Además, se han detectado en esta campaña diferencias de nivel mucho más importantes entre ambas celdas que las registradas en 2014.

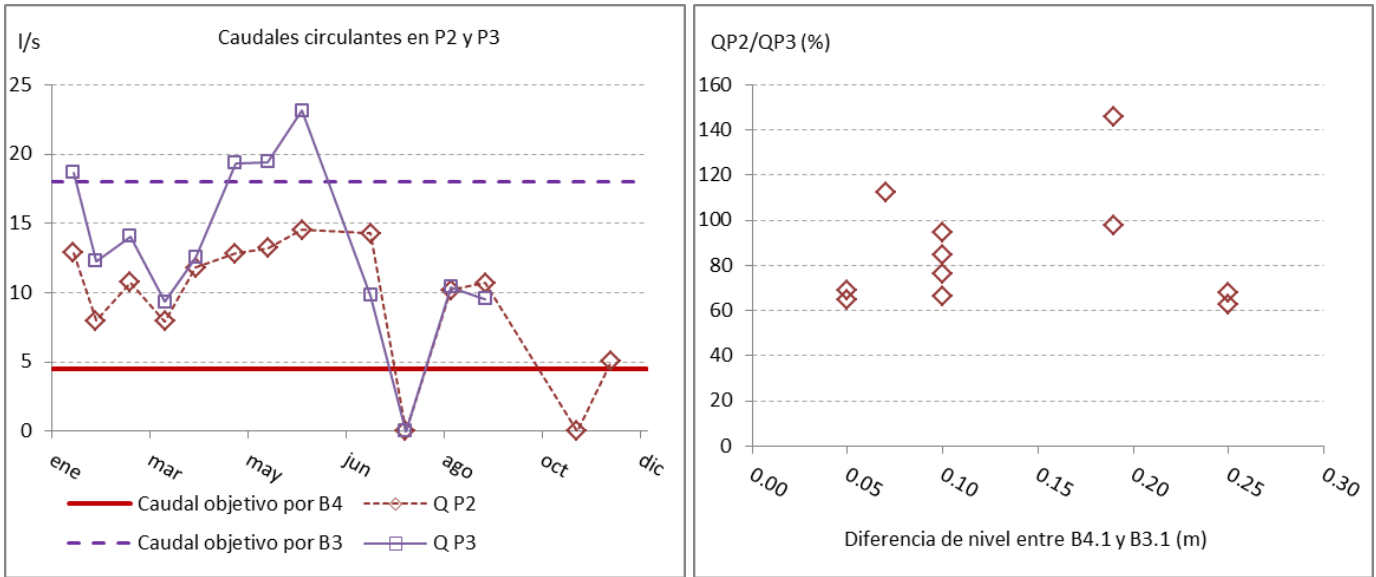


Figura 5.9. Relación entre los caudales circulantes por P2 y P3

En cuanto a los caudales circulantes en los siguientes 4 puntos monitorizados hasta la conexión con la laguna (P4 a P7), los valores van en general decreciendo en el sentido del flujo (Figura 5.10). Como ya ocurriera en el año 2014, el punto P6 de conexión entre la línea B4 y la laguna es el que presenta valores de caudal en promedio más próximos al valor de caudal objetivo para esta línea del tancat.

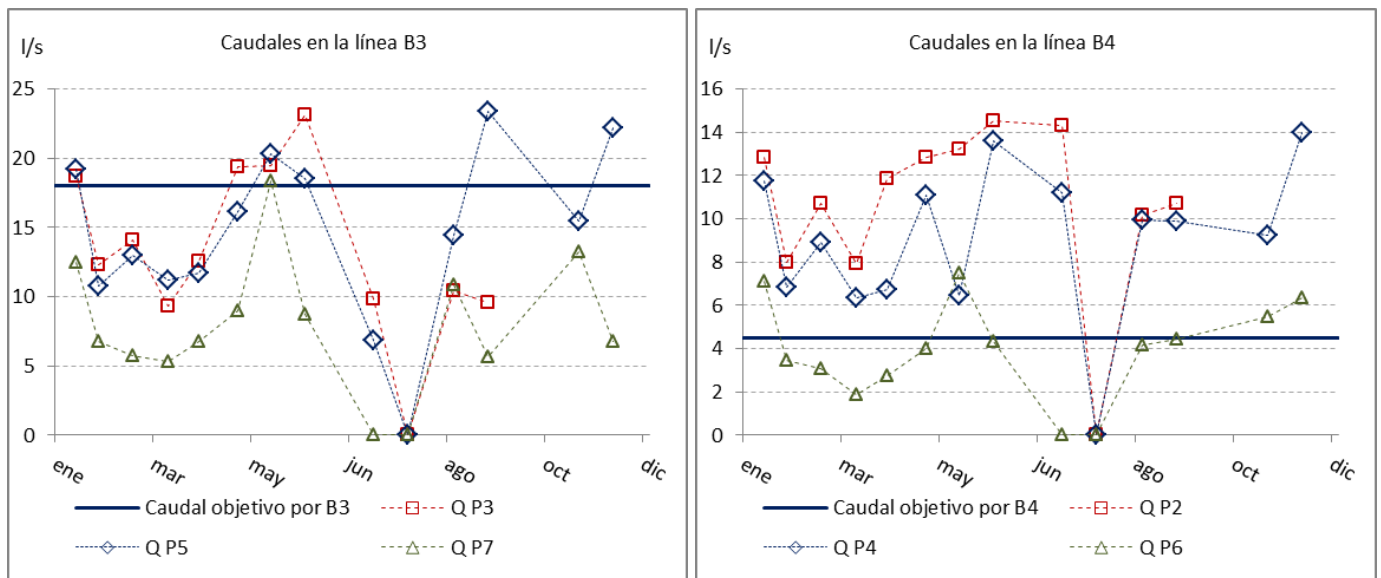


Figura 5.10. Caudales aforados en las línea de flujo B3 y B4

Respecto al caudal de entrada a la laguna, 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.

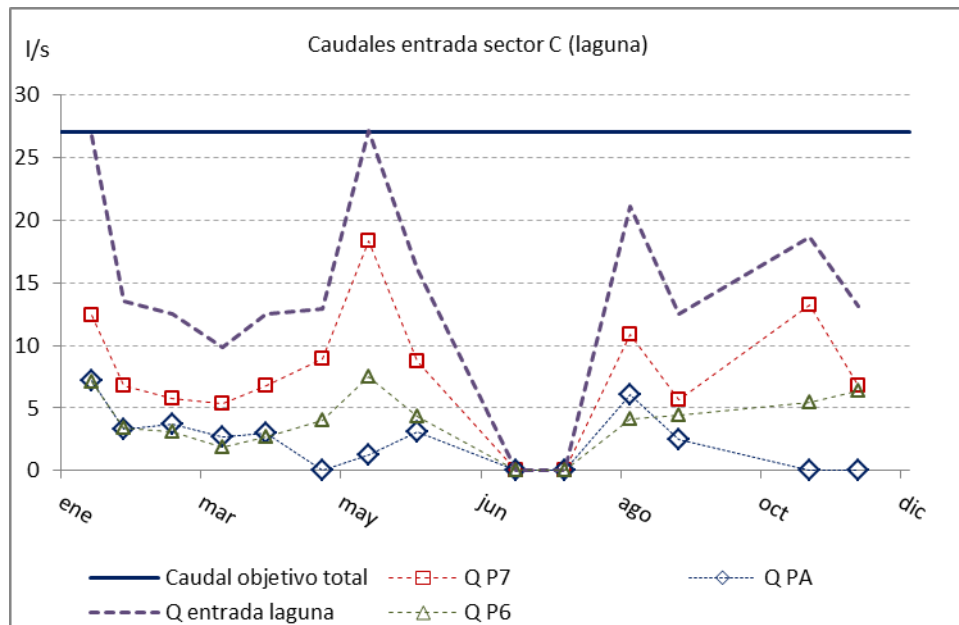


Figura 5.11. Caudales de entrada al sector C (laguna).

En la Figura 5.11 se observa como el mayor aporte a la laguna es la línea B3, que tiene todas las compuertas de conexión abiertas. Cabe destacar que en todo el período, el caudal aforado ha sido sistemáticamente menor que el objetivo. Los valores nulos se corresponden con incidencias en las mediciones, por lo que la suma resultante es en cierta medida mayor.

Por último, cabe destacar que la salida por gravedad de la laguna (conjunto de salidas P8) ha dado lugar a aforo positivo de caudal en tres momentos del año 2015. El primero, a principios de año, entre los meses de enero y febrero, con una salida máxima aforada de 29.8 l/s en enero, hasta un mínimo de 3.7 l/s a finales de febrero. En junio, se registraron 7.5 l/s y finalmente, en noviembre y diciembre 43.1 y 48.2 l/s respectivamente.

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. Al igual que en 2014, 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. Además, se detectó la presencia de una tubería conectada con la impulsión de la bomba (entre las bombas y P1), que podría llenarse y vaciarse todos los días, y afectar al volumen que realmente entra en el sector A. Por este motivo, en junio de 2015, se empezó a medir el caudal en P1 (quitando la rejilla). Sin embargo, los valores medidos coinciden razonablemente con lo que indica el caudalímetro.

Como aproximación a los volúmenes que trata cada sector, el reparto de caudales entre las líneas de flujo B1+B2, B3 y B4 se ha realizado en función de los repartos observados en los datos de varios muestreos (50% entra en B3, 30% en B4 y 20% en B1+B2).

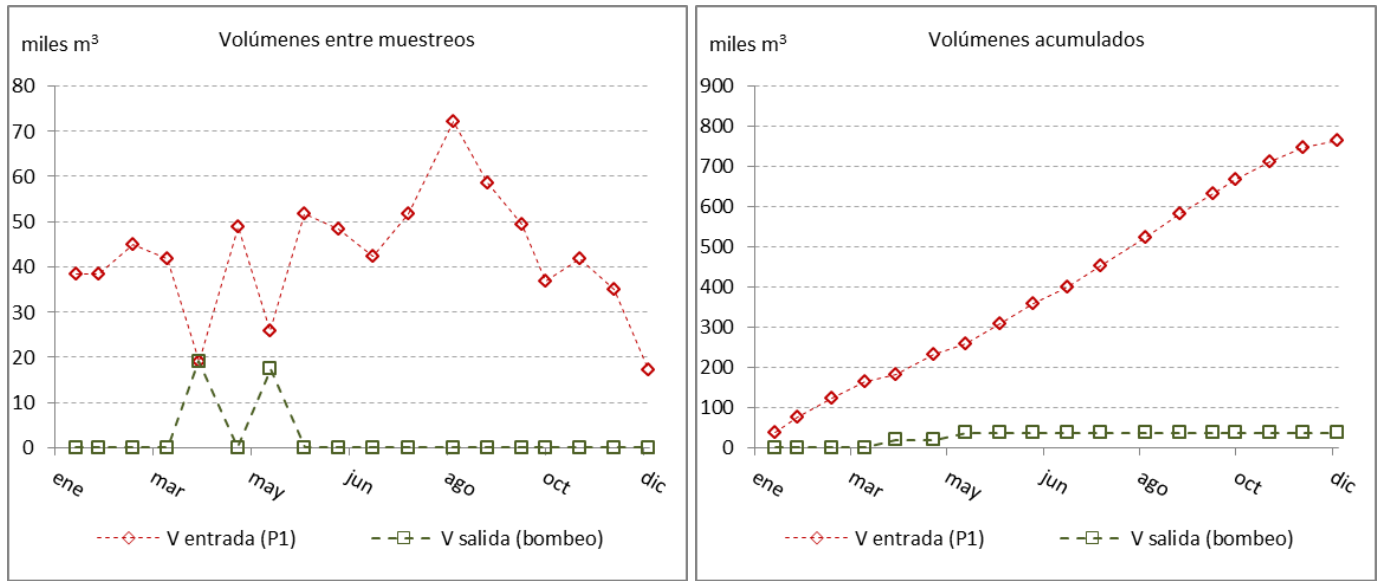


Figura 5.12. Volúmenes inyectados y extraídos del sistema por bombeo

En las gráficas de la figura 5.12 se representan los volúmenes de entrada y salida del Tancat que se han efectuado mediante bombeo. En cuanto a las salidas, también se han representado únicamente las extracciones realizadas por bombeo. Los únicos registros corresponden a los vaciados del sistema para la reparación de la fuga.

Asumiendo los repartos de caudal observados entre cada línea de flujo, la línea central (B3) habría tratado unos 380 000 m³ de agua (un 50% del agua bombeada), mientras que la línea B4 habría tratado unos 230 000 m³ (30%).

En cuanto al tiempo de circulación en cada una de las líneas, los muestreos no permiten ser más explícitos en las conclusiones que ya se extrajeron en 2014, siendo necesario monitorizaciones adicionales y continuas para aproximar más el funcionamiento real del sistema. De manera similar a lo que ocurre en los otros Tancats, pero en especial en el Tancat de l'Illa por las múltiples interconexiones entre celdas, resulta aquí imposible estimar con un nivel de precisión razonable los tiempos de retención hidráulica por celdas. En efecto, no se tiene la certidumbre de que la totalidad del caudal bombeado llegue a la cabecera del sistema en P1; del mismo modo, existe incertidumbre sobre la fracción de caudal que el sector subsuperficial en cabecera transfiere finalmente a las líneas superficiales; adicionalmente, en éstas, se desconoce el reparto lateral de caudales entre celdas; y por último, la línea B2 no se afora completamente, añadiendo la incertidumbre existente actualmente acerca del intercambio que existe entre esta línea y el sector B1.



5.3. Incidencias

A continuación se recogen las principales incidencias ocurridas durante el desarrollo de la acción B1 en el año 2015, así como las acciones llevadas a cabo para poder solucionarlas.

Fecha	Incidencia	Solución
	Se ha producido un cambio en la empresa gestora del humedal (Pavagua).	-
11/03/2015 23/04/2015	La laguna tuvo que vaciarse dos veces para solucionar el problema de fugas que detectó Pavagua en las compuertas que conectan la laguna con la cámara de bomba, y con el exterior del humedal.	-
03/06/2015	Se detecta la presencia de una tubería conectada con la impulsión de la bomba (entre las bombas y P1), que podría llenarse y vaciarse todos los días, y afectar al volumen que realmente entra en el sector A.	Se midió el caudal en P1 (quitando la rejilla) y los valores medidos coinciden más o menos con lo que indica el caudalímetro.
18/11/2015 09/12/2015	Con los niveles muy altos en la laguna, es imposible aforar.	-
-	Los tubos se aterran con mucha frecuencia, imposibilitando el aforo y modificando el reparto de caudales entre las líneas de flujo, que se encuentran interconectadas aguas arriba (sectores B1.i).	Incrementar la frecuencia de las inspecciones, y en su caso, del mantenimiento.
05/08/2015 30/12/2015	Diversos fallos del minimolinete han impedido completar los aforos sobre todo en la parte final de 2015.	En esas situaciones, se procedió a medir tan sólo los niveles.



5.4. Propuesta de mejoras

La campaña de muestreo durante el año 2015, pese a haber contemplado días de aforo a diferentes horas del día, no ha permitido alcanzar un correcto entendimiento del funcionamiento hidrodinámico del tancat.

El desconocimiento sobre el funcionamiento de las diferentes interconexiones entre celdas hace muy difícil establecer conclusiones más rotundas en este tancat.

Por ello, si en el futuro se desea profundizar en el conocimiento de éste, sería muy aconsejable establecer una monitorización en continuo que permitiera analizar con precisión el reparto real de flujos, así como la influencia en éstos de la secuencia de bombeo.



6. CONCLUSIONES

Durante el segundo año de implementación de la acción B1, Gestión de la Hidráulica, se han realizado 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 ampliado el conocimiento sobre 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 que sería necesario llevar a cabo para profundizar en el conocimiento de la hidráulica de los humedales, sobre todo en aquellos en los que existe un alto grado de interconexión entre las celdas. Adicionalmente, se hace hincapié en aspectos generales a tener en cuenta en futuros trabajos de diseño y monitorización de humedales artificiales, que también se incorporarán al Manual Técnico para la gestión de humedales, cuya redacción se llevará a cabo a lo largo del año 2016.

Durante este año 2015 se han implementado parte de las mejoras propuestas en el 2014, como una mejora en la comunicación entre el equipo de hidráulica y los encargados de la gestión de los humedales, o la disponibilidad de datos meteorológicos más cercanos a los humedales (pese a que, al no disponer de estos datos para todo el año 2015, se ha considerado mejor emplear datos homogéneos de la estación del IVIA para la elaboración de este informe).

Sin embargo, no ha sido posible llevar a cabo las campañas de monitorización continua que hubieran posibilitado una mejor comprensión de los flujos entre sectores. De cara a nuevas propuestas, sería recomendable que las campañas de aforo contemplaran este tipo de monitorización en puntos de especial interés, ya que la información que proporcionan puede mejorar la gestión hidráulica de manera considerable.

En cualquier caso, se considera que se han alcanzado los objetivos definidos para la acción B1, con la precisión adecuada para satisfacer las necesidades de las acciones que emplean datos de hidráulica en sus cálculos.



LIFE12 ENV/ES/000685



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
20/01/2015	1.91	40.32	7.29	---	---	7.39	10.03	7.79
09/02/2015	8.24	19.01	6.85	---	6.84	6.53	12.32	9.20
02/03/2015	11.01	22.55	4.85	---	4.82	3.62	8.74	6.82
25/03/2015	3.94	26.09	6.73	4.74	6.96	5.30	8.36	11.78
14/04/2015	3.56	43.03	7.26	5.63	7.86	5.92	6.44	8.08
04/05/2015	3.87	29.70	24.47	8.67	9.96	4.62	5.80	1.46
25/05/2015	7.70	28.93	24.72	8.49	9.51	3.50	4.91	1.14
15/06/2015	4.91	29.49	11.16	8.03	10.29	7.04	10.91	0.23
06/07/2015	4.99	42.44	8.48	---	---	6.13	24.15	7.32
27/07/2015	2.75	55.27	3.70	---	---	2.40	24.88	12.62
24/08/2015	2.98	50.28	4.17	---	---	2.09	16.52	9.61
14/09/2015	3.07	60.61	4.07	---	---	1.39	13.02	7.11
28/09/2015	2.33	60.28	4.71	---	---	1.49	13.86	6.34
19/10/2015	0.97	59.31	6.70	---	---	2.97	18.72	9.16
09/11/2015	1.65	60.31	6.53	---	---	3.05	22.45	13.87
30/11/2015	0.97	61.56	4.92	---	---	2.32	22.44	17.05
21/12/2015	0.44	33.00	6.34	---	---	1.26	23.23	18.96

Tabla 2. Caudales aforados en FG en el Tancat de la Pipa. Valores en l/s.

Fecha	FG_e	FG_s
06/07/2015	10.18	20.78
27/07/2015	8.14	17.28
24/08/2015	6.49	12.69
14/09/2015	7.27	10.54
28/09/2015	19.04	10.42
19/10/2015	27.71	12.30
09/11/2015	22.79	19.34
30/11/2015	20.59	23.13
21/12/2015	30.37	32.05

Tabla 3. Volúmenes entre periodos de muestreo, en m³.

Fecha	Entrada (P1+P2)	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Salida (bombeo)
20/01/2015	80271.8	13864.1	---	---	14056.1	19071.9	14815.3	50880.0
09/02/2015	47086.4	11836.8	---	11824.1	11276.9	21286.7	15889.4	81435.0
02/03/2015	60888.4	8791.7	---	8751.2	6572.4	15849.6	12380.8	57690.0
25/03/2015	59668.5	13382.5	9424.5	13821.3	10531.7	16614.2	23418.1	99585.0
14/04/2015	80501.7	12543.7	9736.3	13590.3	10224.6	11130.7	13965.7	36210.0
04/05/2015	58005.8	42284.0	14984.3	17207.3	7990.3	10015.4	2518.6	79560.0
25/05/2015	66455.4	44848.8	15402.7	17249.2	6348.4	8915.9	2059.3	36630.0
15/06/2015	62416.6	20253.1	14576.6	18673.1	12770.5	19798.0	408.2	20475.0
06/07/2015	86041.5	15392.3	---	---	11129.1	43813.1	13273.2	88860.0
27/07/2015	105262.2	6709.6	---	---	4363.5	45141.7	22899.9	74325.0
24/08/2015	128837.8	10083.7	---	---	5063.4	39976.9	23253.1	257775.0
14/09/2015	115544.7	7386.7	---	---	2530.2	23619.7	12905.6	123465.0
28/09/2015	75726.1	5699.0	---	---	1808.0	16761.2	7667.1	4380.0
19/10/2015	109367.5	12156.7	---	---	5392.5	33973.9	16614.2	177315.0
09/11/2015	112412.7	11847.9	---	---	5542.7	40739.3	25159.6	128460.0
30/11/2015	113453.0	8930.1	---	---	4202.3	40706.3	30931.4	189045.0
21/12/2015	60670.0	11510.3	---	---	2288.4	42145.9	34408.4	86190.0

Tabla 4. Volúmenes entrantes y salientes en FG, en m³.

Fecha	FG_e	FG_s
06/07/2015	18470.9	37710.3
27/07/2015	14768.4	31346.7
24/08/2015	15698.1	30703.0
14/09/2015	13189.1	19115.6
28/09/2015	23027.9	12609.2
19/10/2015	50273.4	22309.0
09/11/2015	41351.8	35093.6
30/11/2015	37367.5	41967.7
21/12/2015	55095.5	58156.0

Tabla 5. Volúmenes acumulados, en m³.

Fecha	Entrada (P1+P2)	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Salida (bombeo)
20/01/2015	80271.8	13864.1			14056.1	19071.9	14815.3	50880
09/02/2015	127358.2	25700.9		11824.1	25333.1	40358.6	30704.7	132315
02/03/2015	188246.6	34492.6		20575.4	31905.5	56208.2	43085.5	190005
25/03/2015	247915.1	47875.1	9424.5	34396.7	42437.2	72822.3	66503.6	289590
14/04/2015	328416.9	60418.7	19160.8	47987.0	52661.8	83953.1	80469.2	325800
04/05/2015	386422.6	102702.7	34145.0	65194.3	60652.2	93968.5	82987.8	405360
25/05/2015	452878.0	147551.5	49547.7	82443.5	67000.5	102884.4	85047.2	441990
15/06/2015	515294.6	167804.6	64124.4	101116.6	79771.0	122682.4	85455.4	462465
06/07/2015	601336.1	183196.9			90900.2	166495.5	98728.6	551325
27/07/2015	706598.4	189906.5			95263.7	211637.2	121628.5	625650
24/08/2015	835436.2	199990.2			100327.0	251614.1	144881.7	883425
14/09/2015	950980.9	207376.9			102857.2	275233.8	157787.3	1006890
28/09/2015	1026707.0	213075.8			104665.2	291995.1	165454.4	1011270
19/10/2015	1136074.6	225232.6			110057.7	325969.0	182068.6	1188585
09/11/2015	1248487.3	237080.5			115600.5	366708.3	207228.2	1317045
30/11/2015	1361940.3	246010.6			119802.8	407414.6	238159.6	1506090
21/12/2015	1422610.3	257520.9			122091.1	449560.5	272568.0	1592280

Tabla 6. Volúmenes acumulados entrantes y salientes en FG, en m³.

Fecha	FG _{Le}	FG _{ls}
06/07/2015	18470.9	37710.3
27/07/2015	33239.3	69057.0
24/08/2015	48937.4	99760.0
14/09/2015	62126.5	118875.6
28/09/2015	85154.4	131484.8
19/10/2015	135427.8	153793.8
09/11/2015	176779.6	188887.4
30/11/2015	214147.1	230855.1
21/12/2015	269242.6	289011.1

**TANCAT DE MILIA**

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

Fecha	Q P2	Q P3	Q P4	Q P5	Q P5'	Q P6	Q P7
07/01/2015	0.34	0.30	39.28	48.85	46.56	24.30	16.85
27/01/2015	0.00	0.30	1.71	11.51	13.03	24.94	13.58
25/02/2015	0.80	0.50	80.13	41.37	-	31.94	36.79
04/03/2015	0.25	0.50	54.27	53.35	-	54.73	53.20
25/03/2015	2.79	0.50	27.63	41.98	-	38.54	38.67
20/04/2015	0.50	1.00	8.37	21.86	-	22.36	22.21
06/05/2015	0.61	0.50	16.85	34.55	-	34.52	30.82
27/05/2015	8.08	0.50	28.41	48.82	50.21	54.13	39.81
17/06/2015	2.22	0.50	11.89	28.62	-	52.27	51.22
08/07/2015	2.87	0.50	9.26	47.17	-	52.82	35.58
29/07/2015	7.37	0.50	85.00	33.89	-	47.72	43.64
16/09/2015	2.90	0.50	79.98	70.55	-	75.68	40.26
07/10/2015	1.52	0.50	1.00	1.55	-	10.51	11.72
21/10/2015	1.60	0.50	91.84	63.01	-	44.65	62.63
11/11/2015	2.99	2.25	50.00	49.21	-	40.30	29.75
03/12/2015	7.32	1.50	21.66	19.51	-	99.01	59.91
23/12/2015	1.91	0.50	21.21	56.57	-	70.15	44.74

Tabla 5. Volúmenes entre periodos de muestreo, en m³.

Fecha	P1 (bombeo)	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8 (bombeo)
07/01/2015	91997.0	460.0	460.0	73597.6	73735.7	73965.3	93100.1	167484.9
26/01/2015	40734.0	0.0	203.7	32587.2	32542.5	32468.3	40377.4	34220.0
11/02/2015	71503.0	1072.5	357.5	57202.4	56926.0	56466.6	69295.5	67765.6
04/03/2015	84395.0	422.0	422.0	67516.0	67143.1	66523.3	81416.9	70481.7
25/03/2015	64059.0	3203.0	320.3	51247.2	52211.0	53812.8	71755.7	82228.6
20/04/2015	68328.0	2049.8	683.3	54662.4	53867.1	52545.2	61976.5	46008.9
06/05/2015	56279.0	844.2	281.4	45023.2	44282.2	43050.7	50361.4	27409.5
27/05/2015	73484.0	18371.0	367.4	51438.8	50679.7	49418.1	67421.9	46691.7
17/06/2015	86109.0	21527.3	430.5	60276.3	59991.2	59517.3	83832.0	67260.0
08/07/2015	68303.0	17075.8	341.5	47812.1	46641.4	44695.7	58953.8	50740.0
29/07/2015	86705.0	8670.5	433.5	69364.0	67792.2	65179.7	74152.1	63720.0
26/08/2015	75344.0	3767.2	376.7	60275.2	58631.5	55899.7	62217.6	69620.0
16/09/2015	64287.0	3214.4	321.4	51429.6	51216.5	50862.3	62585.2	71639.8
07/10/2015	70381.0	5278.6	351.9	52785.8	51961.8	50592.4	63800.8	71799.4
21/10/2015	60523.0	4539.2	302.6	45392.3	45432.2	45498.7	60842.4	66530.7
11/11/2015	59965.0	4497.4	299.8	44973.8	46198.3	48233.5	69744.1	104699.1
03/12/2015	65047.5	4878.6	325.2	48785.6	48177.4	47166.6	60190.3	100565.8



23/12/2015 | 58574.7 4393.1 292.9 43931.1 43712.7 43349.7 56830.7 90300.8

Tabla 6. Volúmenes acumulados, en m³.

Fecha	P1 (bombeo)	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8 (bombeo)
07/01/2015	1083302.1	69433.9	11044.2	796564.3	659402.7	640065.1	990384.9	1077220.8
21/01/2015	1124036.1	69433.9	11247.8	829151.5	691945.3	672533.5	1030762.3	1111440.8
11/02/2015	1195539.1	70506.5	11605.3	886353.9	748871.3	729000.0	1100057.8	1179206.4
04/03/2015	1279934.1	70928.4	12027.3	953869.9	816014.4	795523.3	1181474.6	1249688.1
25/03/2015	1343993.1	74131.4	12347.6	1005117.1	868225.3	849336.1	1253230.4	1331916.7
20/04/2015	1412321.1	76181.2	13030.9	1059779.5	922092.4	901881.3	1315206.8	1377925.5
06/05/2015	1468600.1	77025.4	13312.3	1104802.7	966374.6	944932.0	1365568.2	1405335.1
27/05/2015	1542084.1	95396.4	13679.7	1156241.5	1017054.3	994350.1	1432990.1	1452026.8
17/06/2015	1628193.1	116923.7	14110.2	1216517.8	1077045.5	1053867.4	1516822.1	1519286.8
08/07/2015	1696496.1	133999.4	14451.8	1264329.9	1123686.9	1098563.1	1575775.9	1570026.8
29/07/2015	1783201.1	142669.9	14885.3	1333693.9	1191479.1	1163742.8	1649928.0	1633746.8
26/08/2015	1858545.1	146437.1	15262.0	1393969.1	1250110.7	1219642.5	1712145.6	1703366.8
16/09/2015	1922832.1	149651.5	15583.4	1445398.7	1301327.2	1270504.8	1774730.7	1775006.5
07/10/2015	1993213.1	154930.0	15935.3	1498184.5	1353289.0	1321097.2	1838531.6	1846805.9
21/10/2015	2053736.1	159469.3	16238.0	1543576.7	1398721.2	1366595.9	1899374.0	1913336.6
11/11/2015	2113701.1	163966.6	16537.8	1588550.5	1444919.5	1414829.4	1969118.2	2018035.7
03/12/2015	2178748.6	168845.2	16863.0	1637336.1	1493096.9	1461995.9	2029308.5	2118601.6
23/12/2015	2237323.4	173238.3	17155.9	1681267.2	1536809.6	1505345.6	2086139.1	2208902.4

**TANCAT DE L'ILLA**

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

Fecha	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	PA	P8
14/01/2015	-	12.85	18.66	11.73	19.20	7.10	12.42	7.21	29.81
28/01/2015	-	7.97	12.27	6.85	10.75	3.45	6.78	3.27	11.52
18/02/2015	-	10.73	14.05	8.88	13.01	3.09	5.78	3.67	3.75
11/03/2015	-	7.91	9.35	6.35	11.21	1.86	5.34	2.69	-
30/03/2015	-	11.82	12.53	6.74	11.67	2.72	6.78	3.00	-
23/04/2015	-	12.84	19.35	11.10	16.16	3.98	8.96	0.00	-
13/05/2015	-	13.23	19.42	6.44	20.28	7.50	18.33	1.25	-
03/06/2015	119.0	14.52	23.13	13.57	18.53	4.31	8.68	3.09	7.51
15/07/2015	110.3	14.29	9.81	11.20	6.87	0.00	0.00	0.00	-
05/08/2015	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
02/09/2015	0	10.17	10.41	9.94	14.40	4.16	10.82	6.06	-
23/09/2015	-	10.72	9.55	9.88	23.35	4.44	5.68	2.44	-
18/11/2015	96.5	0.00	-	9.26	15.48	5.45	13.21	-	43.12
09/12/2015	92.6	5.09	-	13.97	22.16	6.33	6.78	-	48.27

Tabla 8. Volúmenes de entrada por bombeo en el Tancat de l'Illa, en m³.

Fecha	V entre muestreos	V acumulado
14/01/2015	38382	38382
28/01/2015	38498	76880
18/02/2015	44947	121827
11/03/2015	41906	163733
30/03/2015	18976	182709
23/04/2015	48866	231575
13/05/2015	25939	257514
03/06/2015	51708	309222
24/06/2015	48346	357568
15/07/2015	42436	400004
05/08/2015	51737	451741
02/09/2015	72069	523810
23/09/2015	58481	582291
14/10/2015	49432	631723
28/10/2015	36813	668536
18/11/2015	41859	710395



LIFE12 ENV/ES/000685



09/12/2015	35120	745515
30/12/2015	17285	762800