LIFE12 ENV/ES/000685 “Gestión integrada de tres humedales artificiales en cumplimiento de las Directivas Marco del Agua, Aves y Hábitats”

LIFE+ Albufera

Informe de estado inicial y evolución de los Humedales Artificiales del *Tancat de la Pipa*, del *Tancat de Milia* y del *Tancat de l’Illa*.

ACCIÓN A1

Diciembre, 2013

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
IIAMA

ACCIÓ ECOLOGISTA AGRÓ

FUNDACIÓN GLOBAL NATURE

SEO/BirdLife

acuaMed
Aguas de las Cuencas Mediterráneas

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

ÍNDICE

1.- Introducción 1
2.- Objetivos 2
3.- Tancat de la Pipa. 3
3.1.- Proceso constructivo. 3
3.2.- Sectorización. 3
3.3.- Hidráulica. 5
3.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada. 7
3.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida. 7
3.3.3.- Puesta en marcha. 7
3.4.- Calidad de aguas. 9
3.5.- Fitoplancton y zooplancton. 12
3.6.- Artrópodos. 13
3.7.- Estudio de los suelos y sedimentos. 13
3.8.- Gestión de la vegetación. 14
3.11- Gestión de la avifauna. 19
3.10- Uso público. 23
3.11- Observaciones de interés. 24
4.- Tancat de Milia. 25
4.1.- Proceso constructivo. 25
4.2.- Sectorización. 25
4.3.- Hidráulica. 27
4.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada. 29
4.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida. 30
4.3.3.- Puesta en marcha. 30
4.4.- Calidad de aguas. 30
4.5.- Gestión de la vegetación. 34
4.6.- Estudio de los sedimentos. 36
4.7.- Gestión de la avifauna. 36
4.8- Observaciones de interés. 38
5.- Tancat de L'Illa. 39
5.1.- Proceso constructivo. 39
5.2.- Sectorización. 39
5.3.- Hidráulica. 41
5.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada. 42
5.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida. 43
5.3.3.- Puesta en marcha. 43
5.4.- Calidad de aguas. 45
5.5.- Gestión de la vegetación. 47
5.6.- Gestión de la avifauna. 50
6.- Resumen. 52
7.- Bibliografía. 55
ÍNDICE DE TABLAS 56
ÍNDICE DE FIGURAS 57

1.- Introducción

El punto de partida del proyecto LIFE+12 ENV/ES/000685 “Gestión integrada de tres humedales artificiales en cumplimiento de las Directivas Marco del Agua, Aves y Hábitats” consiste en una correcta diagnosis del estado actual y los conocimientos adquiridos durante estos años en los humedales artificiales del lago de *l’Albufera* de Valencia.

Los tres humedales artificiales han sido construidos sobre lo que hasta en ese momento eran campos de arroz. Estos arrozales fueron creados de manera artificial entre mediados del siglo XIX y principios del XX, mediante el aterramiento autorizado del lago. Por consiguiente, las actuales actuaciones han intentado revertir dicho aterramiento para recuperar los espacios y convertirlos en algo similar a lo que debió ser la zona de marjal originaria. El resultado ha sido la reconversión de un total de aproximadamente 90 ha de arrozales en espacios “renaturalizados” en donde los ambientes lagunares conviven con humedales artificiales destinados a la mejora de la calidad de las aguas.

Durante los pocos años que llevan en marcha han estado siendo gestionados por entidades distintas: el *Tancat de la Pipa* por Acció Ecologista-Agró y SEO/BirdLife por encargo de su titular, la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ); el *Tancat de Milia* por la Fundación Global Nature por encargo de Aguas de las Cuencas Mediterráneas (ACUAMED) y el *Tancat de l’Illa* por LEVANTINA INGENIERIA Y CONSTRUCCION (LIC) por encargo de ACUAMED. Aunque las distintas organizaciones han tenido contactos durante estos años, hasta lo que se conoce en el momento de iniciar este proyecto LIFE+ 12 la gestión de los espacios, aún siendo tan similares y persiguiendo los mismos objetivos, se ha realizado de manera descoordinada.

Por consiguiente es necesario realizar una acción preparatoria, definida como A1, para definir la estrategia de gestión de los tres humedales artificiales que se llevará a cabo durante los años 2014 y 2015. Una etapa clave de esta acción es la recopilación, ordenación y síntesis de la información disponible de los sistemas en los cuales va a tener lugar el estudio. De este modo, los socios beneficiarios tendrán a su disposición un documento que les permita afianzar su conocimiento sobre estos tres humedales artificiales y tengan más criterio a la hora de contribuir en las reuniones que se realizarán para definir la estrategia de gestión.

2.- Objetivos

El objetivo principal de esta fase del proyecto es la de recopilar información de cada uno de los *Tancats* sobre los siguientes aspectos:

- Características hídricas: caudal de entrada, régimen de entrada (continuo-discontinuo), otros elementos del balance hídrico anual (precipitación, evapotranspiración, infiltraciones, etc.).
- Datos de calidad de aguas. Caudales tratados, rendimientos obtenidos.
- Características de las plantaciones de macrófitos emergentes y sumergidas: tipo de planta, densidad de plantación, densidad a fecha actual, replantaciones realizadas, estimaciones del crecimiento.
- Datos de avifauna y otras especies animales.
- Costes de operación.

En el desarrollo del presente informe se va a dedicar un apartado a cada uno de los tres *Tancats* y finalmente se realizará un resumen en donde se destacarán los aspectos más relevantes a tener en cuenta para la elaboración del plan de gestión.

3.- *Tancat de la Pipa*.

El *Tancat de la Pipa* fue el primero de los tres humedales artificiales en ponerse en marcha. La redacción del proyecto finalizó en diciembre de 2005 y el inicio de las obras se produjo en el año 2006, terminándose a finales de 2008.

Se ubica al norte del lago de l´*Albufera*, entre las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 1. Coordenadas UTM de ubicación del *Tancat de la Pipa*.

Coordenadas	X	Y
Noreste	728736	4361191
Noroeste	728368	4360944
Suroeste	728668	4360183
Sureste	729088	4360471

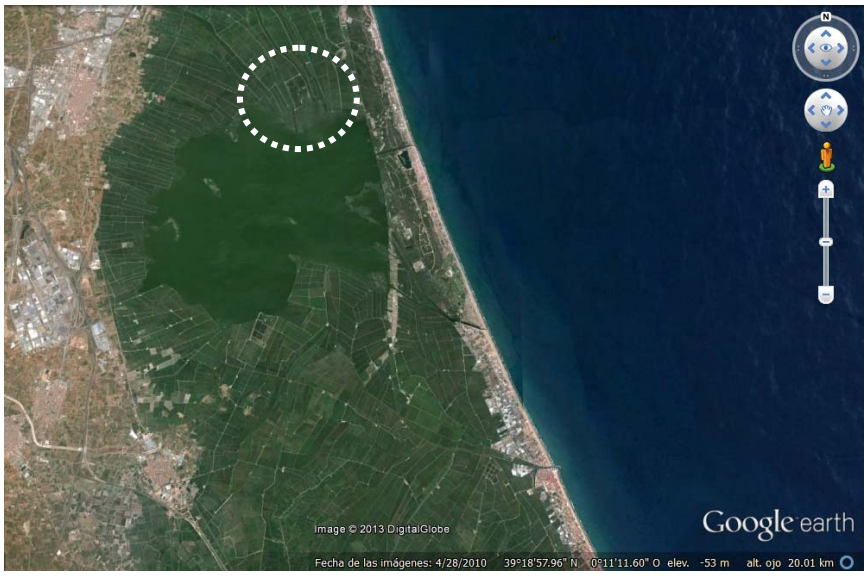

Figura 1. Mapa de situación del *Tancat de la Pipa*. Fuente: Google Earth.

3.1.- Proceso constructivo.

El proceso constructivo se realizó mediante dos proyectos de obra que contaron con la ayuda de los fondos europeos. El presupuesto total de ambos, incluyendo expropiaciones, gastos generales, beneficio industrial e IVA fue de 6.801.695,13 euros.

3.2.- Sectorización.

El *Tancat de la Pipa* está formado por tres sectores:

- Sector *B*. Humedal artificial de flujo superficial. Se divide en tres subsectores que funcionan de forma independiente: *fp*, *FG* y *F4*. El subsector *fp* consta de tres celdas

en serie (*fp*1, *fp*2, *fp*3) y el *FG* también está formado por tres celdas de funcionamiento en serie (*FG*1, *FG*2, *FG*3). El subsector *F4* consta de una única celda.

- Sector *C*. Lagunas. Consta de dos lagunas de agua dulce: laguna de reserva y laguna educativa.
- Sector *D*. Ullal. En su origen se trataba de un manantial artificial, formado por un pozo artesiano perforado a 250 m de profundidad, construido para recrear el ambiente de los manantiales naturales de agua subterránea que en el pasado abundaban en el lago de l´*Albufera*. En la actualidad el pozo que alimentaba el ullal ha colapsado y funciona como una laguna comunicada con la laguna educativa.

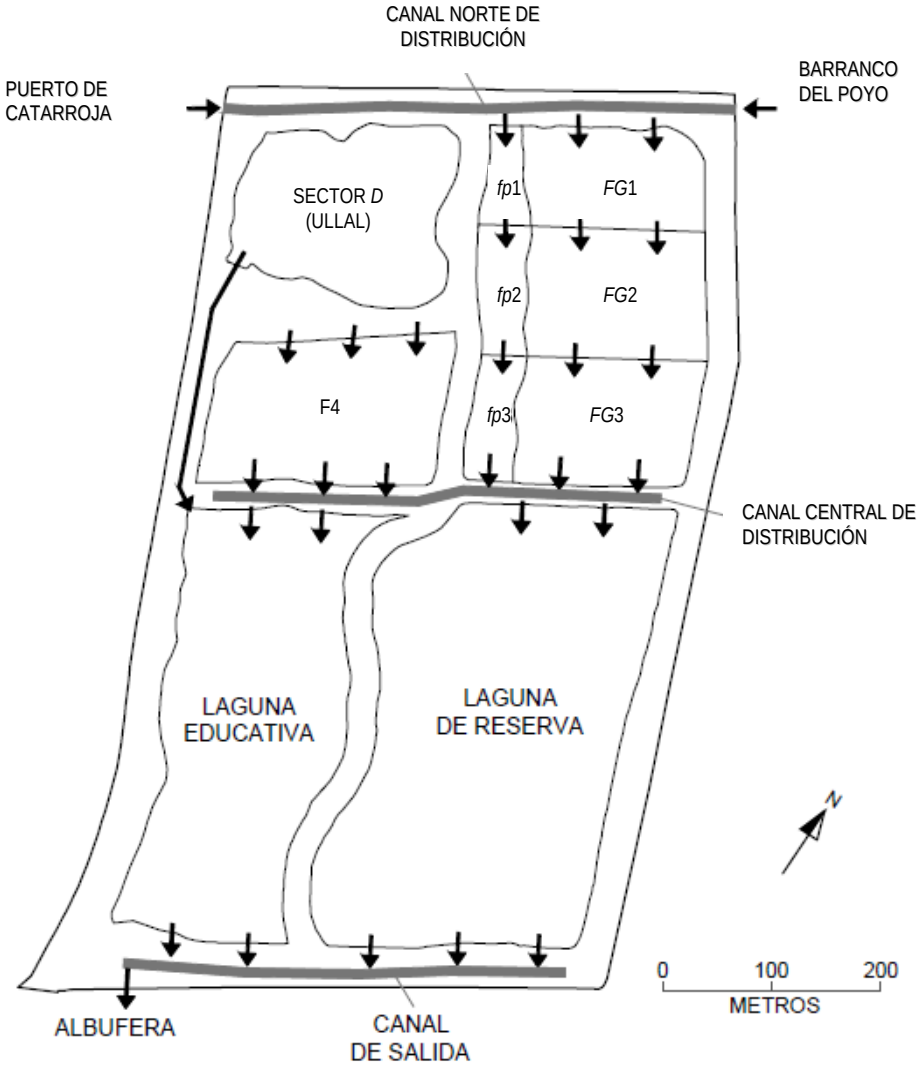

Figura 2. Esquema de sectorización del *Tancat de la Pipa*.

La superficie total del *Tancat* es de aproximadamente 40 ha, de las cuales las zonas con lámina libre de agua ocupan unas 25 ha, y el resto son caminos de acceso, caminos perimetrales y canales de distribución.

Las características principales de cada sector quedan recogidas en la Tabla 2:

Tabla 2. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del *Tancat de la Pipa*.

Sector	Superficie (m^2)	Calado máximo (m)	Materiales	Impermeabilización
B	89184			
fp	14632			
fp1	3575	0.3	Tierra vegetal	No
fp2	5155	0.3	Tierra vegetal	No
fp3	5902	0.3	Tierra vegetal	No
FG	48956			
FG1	13509	0.3	Tierra vegetal	No
FG2	18240	0.3	Tierra vegetal	No
FG3	17207	0.3	Tierra vegetal	No
F4	25596	0.3	Tierra vegetal	No
C	140000			
Laguna educativa	60000	0.6	Tierra vegetal	No
Laguna de reserva	80000	0.7	Tierra vegetal	No
D	25000	1.0	Tierra vegetal	No

3.3.- Hidráulica.

El *Tancat de la Pipa* está concebido para tratar las aguas del lago de l´*Albufera*. La toma de agua se produce desde dos puntos laterales del sistema: en el noreste conecta con el tramo final del Barranco del Poyo (BP) y en el noroeste con el de la Acequia del Puerto de Catarroja (APC). La entrada de agua es continua y se produce siempre por gravedad. Las dos corrientes de entrada se mezclan en el canal norte de distribución e ingresan en el sector *B* a través de un sistema de compuertas.

Existen tres recorridos a través de los cuales el agua fluye por el sector *B*:

- Subsector *FG*: celdas *FG*1, *FG*2 y *FG*3.
- Subsector *fp*: celdas *fp*1, *fp*2 y *fp*3.
- Subsector *F4*: celda *F4*.

A continuación el agua es recogida en el canal central de distribución y fluye por gravedad a las dos lagunas del sector *C*. Finalmente llega al canal de salida, se recoge en el pozo de bombeo y se impulsa de nuevo a l´*Albufera*.

El sector *D* funciona de modo independiente. En la actualidad se trata de una laguna independiente cuyo escaso efluente fluye a través de un canal hasta la laguna educativa.

Todas las celdas del *Tancat* cuentan con un sistema de compuertas en las entradas y salidas que permite controlar el flujo del agua. Así, es posible mantener niveles diferentes de lámina de agua en cada celda. Las compuertas de entrada a cada celda del sector *B* consisten en aperturas de 30 cm de anchura en las que se ubican tablones verticales, por encima de los cuales circula el agua para ingresar en las celdas. El resto de compuertas son de tipo tajadera, con posición regulable.

Además de las compuertas existentes en el sector *B* (Figura 3), se cuenta con dos compuertas de tipo tajadera en las entradas de cada laguna del sector *C*, dos compuertas en las salidas de cada laguna y en los canales.

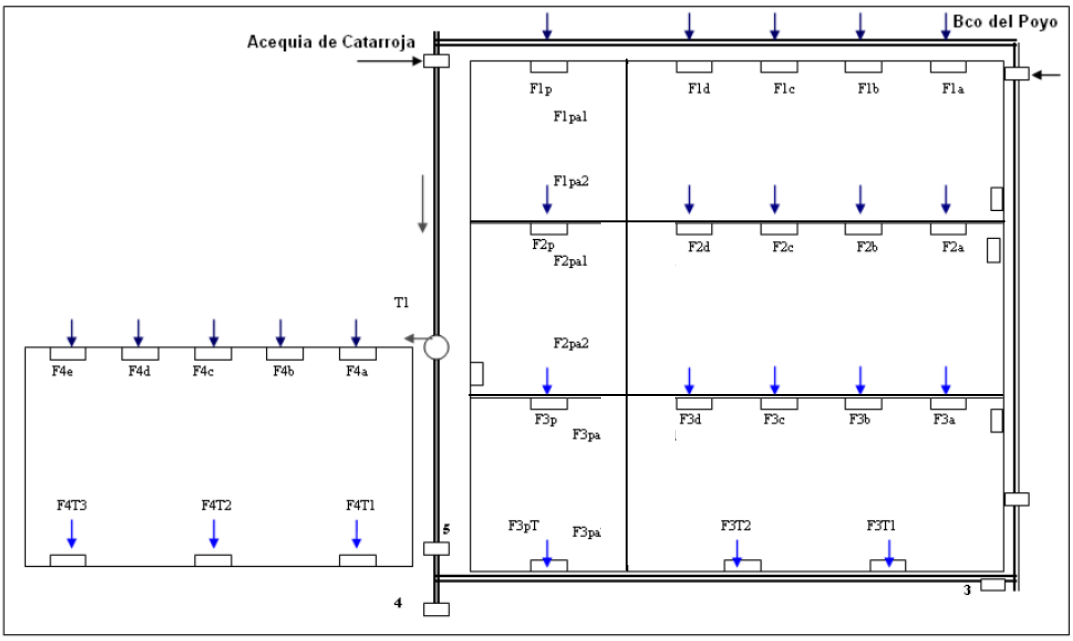

Figura 3. Flujo del agua a través del sector *B* y sistema de compuertas existente.

Figura 4. Detalle de las compuertas de entrada al sector *B* (izquierda) y de las compuertas de tajadera (derecha).

Los caudales de entrada se han medido a partir de las estaciones de aforo instaladas en las arquetas de BP y APC (figura 5). Los caudales circulantes dentro del sistema se han medido mediante un minimolinete M1 (Marca SEBA) y los caudales de salida a partir de los registros de bombeo.

3.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada.

El agua ingresa al sistema por gravedad, de modo que no existe sistema de bombeo para el agua de entrada. En las entradas desde el BP y APC se ha instalado una arqueta con un vertedero triangular con ángulo de 90º y una regleta, que permiten aforar el agua de entrada desde cada punto.

Figura 5. Detalle del vertedero triangular en la entrada desde el Barranco del Poyo.

Se ha observado que oscilaciones de 1 cm en el nivel de la lámina de agua en l´*Albufera* dan lugar a una variación de caudal de 6-8 L/s, que aplicado a los dos puntos de entrada supone 12-16 L/s.

3.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida.

El agua es impulsada fuera del sistema mediante un sistema de bombeo instalado en el extremo suroeste del *Tancat*. Se dispone de dos bombas que funcionan en régimen discontinuo.

La salida no cuenta con un sistema de aforo del agua exportada, sino que este dato se obtiene a partir del funcionamiento de las bombas.

3.3.3.- Puesta en marcha.

El *Tancat de la Pipa* entró en funcionamiento en enero de 2009, si bien el seguimiento de la hidráulica y la calidad de las aguas se iniciaron en abril de ese mismo año.

A continuación se describe cual ha sido el funcionamiento hidráulico de cada sector:

- Sector *B*

Los caudales tratados no han sido constantes, sino que se han ido modificando para observar la respuesta del sistema a la variación de la carga hidráulica. El caudal de entrada ha oscilado entre 20 y 130 L/s.

En el siguiente gráfico se representan los caudales y cargas hidráulicas de entrada para cada período.

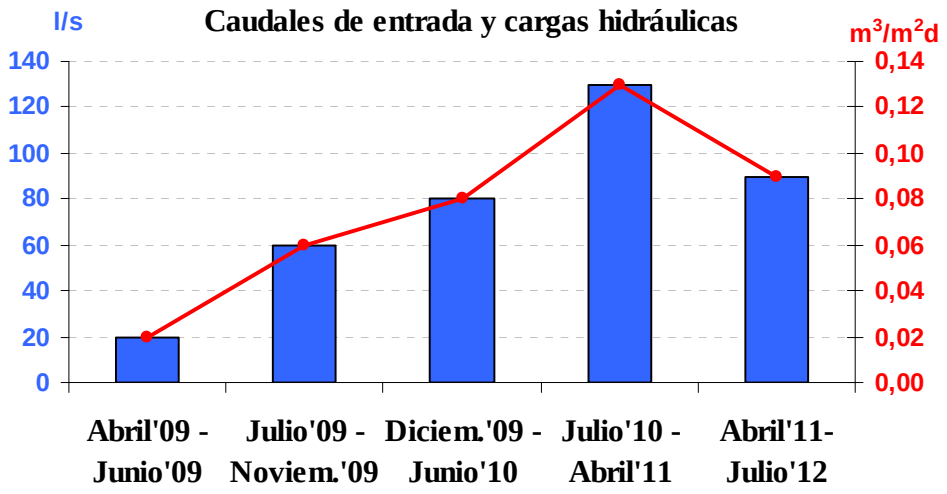

Figura 6. Caudales (L/s) y cargas hidráulicas ($m^3/m^2/d$) medias de entrada al sector B del *Tancat de la Pipa*.

El agua de entrada a *F4* procede mayoritariamente de APC, mientras que la de *FG* procede de BP y la de *fp* es una mezcla de ambas entradas, siendo los subsistemas *FG* y *F4* los que mayor caudal de agua han tratado (Figura 7).

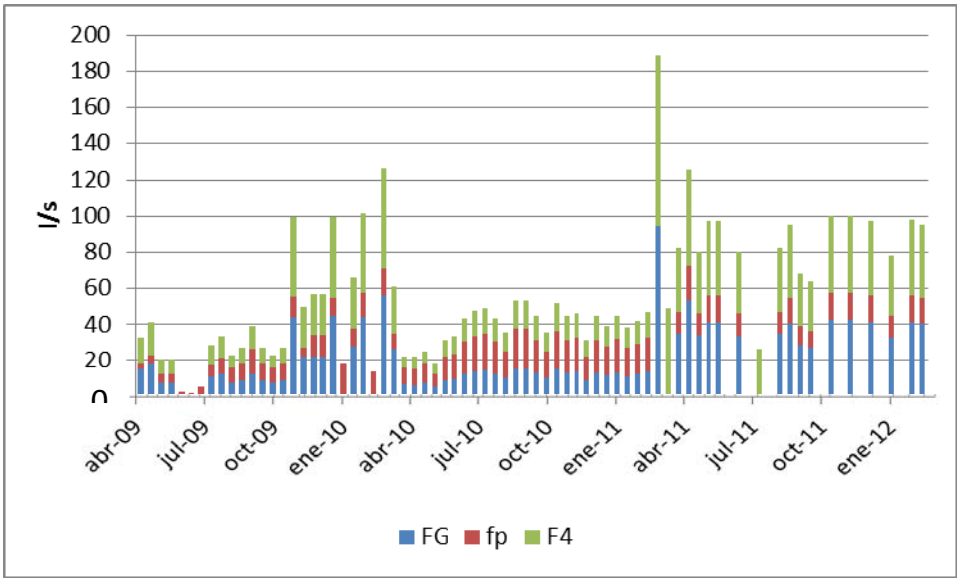

Figura 7. Caudales de entrada a los subsistemas *FG*, *fp* y *F4* del sector *B*.

El volumen total de agua tratado desde la puesta en marcha hasta julio de 2012 ha sido de 9 Hm^3. La carga hidráulica ha oscilado entre 0.02 y 0.13 $m^3/m^2/d$. El tiempo de retención hidráulica (TRH) del sector *B* ha sido variable: el primer año de explotación (de abril de 2009 a marzo de 2010) fue 5 días, el segundo año de explotación se disminuyó hasta 3 días y el tercer año se mantuvo en un promedio de 2.4 días. Los valores de los parámetros hidráulicos del sector *B* desde la puesta en marcha hasta el mes de marzo de 2012 se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Parámetros hidráulicos de funcionamiento del sector *B* del *Tancat de la Pipa*.

		FG	*fp*	*F4*
Volumen total de agua tratado	Hm^3	1.90	1.10	2.02
Caudal medio de entrada		4377 m^3/d 50.7 L/s	1094 m^3/d 12.7 L/s	1994 m^3/d 23.1 L/s
Carga superficial de entrada	$m^3/m^2/d$	0.084	0.070	0.073
TRH	días	3.2	3.3	3.8

- Sector *C*. Lagunas.

Los caudales tratados en el sector *C* corresponden a los caudales que entraron en el sector *B*, restando la evapotranspiración producida en este sector.

La distribución de caudales entre las dos lagunas es la siguiente: el efluente de *FG* y *fp* ingresa a la laguna de reserva, y el efluente de *F4* ingresa a la laguna educativa.

- Sector *D*. Ullal.

El caudal aportado desde el sector *D* ha sido de aproximadamente 4 L/s hasta julio de 2011. A partir de entonces el caudal fue disminuyendo progresivamente hasta ser nulo en la actualidad.

3.4.- Calidad de aguas.

Los objetivos de calidad que se marcaron al inicio de la gestión en el año 2009, para el efluente del *Tancat de la Pipa*, son los siguientes:

Tabla 4. Objetivos de calidad en el efluente del *Tancat de la Pipa*.

Parámetro	Unidades	Valor máximo
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	20
Sólidos suspendidos (SS)	mg/L	10
Turbidez	NTU	10
Nitrógeno total (NT)	mg N/L	3
Fósforo total (PT)	mg P/L	0.1
Clorofila a (Cl_*a*)	µg/L	5

El control de la calidad del agua ha consistido en el muestreo periódico del agua superficial en 18 puntos del sistema. La frecuencia de muestreo fue quincenal desde la puesta en marcha hasta junio de 2011 (excepto algunos puntos, que se muestreaban mensualmente) y mensual desde julio de 2011 hasta la fecha de redacción de este informe.

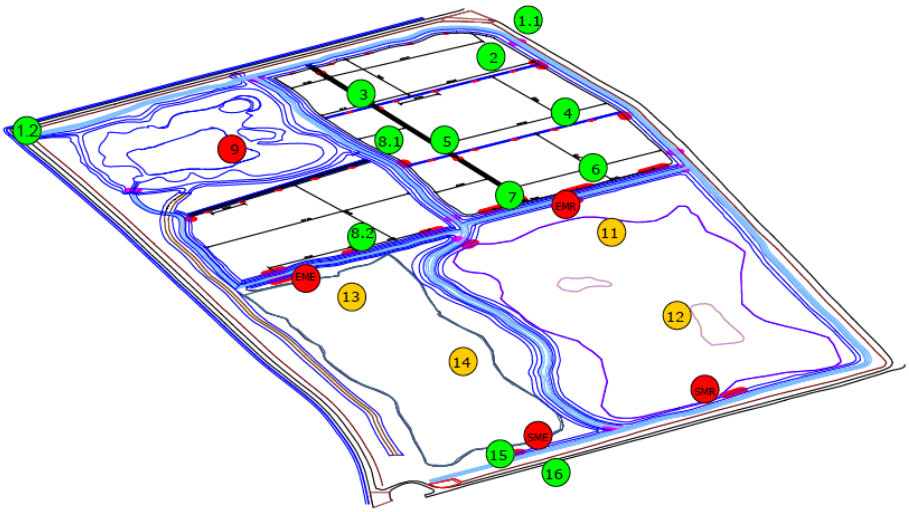

Figura 8. Localización de los puntos de muestreo en el *Tancat de la Pipa*. Los puntos del 11 al 14 sólo se muestrearon hasta julio de 2011. Las entradas y salidas del sector *C* se empezaron a muestrear en abril de 2010.

Los parámetros físico-químicos determinados en cada punto han sido los siguientes:

- Temperatura (ºC)
- Oxígeno disuelto (OD) (mg/L)
- Conductividad (µS/cm)
- pH
- Sólidos suspendidos totales (SST) y volátiles (SSV) (mg/L)
- Turbidez (NTU)
- Fósforo total (PT) (mg P/L)
- Fosfatos (mg P/L)
- Nitrógeno total (NT) (mg N/L)
- Amonio (mg N/L)
- Nitratos (mg N/L)
- Nitritos (mg N/L)
- Sílice inorgánica (mg/L)
- Clorofila *a* (µg/L)
- DQO total y soluble (mg/L)

Este seguimiento ha sido realizado por el Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), de la Universitat Politècnica de València, a excepción del parámetro Clorofila *a*, que lo ha realizado el Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (ICBIBE), de la Universitat de València.

o Evolución de la calidad del agua. Mediciones efectuadas. Resultados.

A continuación se resume el comportamiento de las principales variables estudiadas en el sector *B*:

- Conductividad: el valor registrado en el agua de entrada es de unos 1700 μS/cm y aumenta a lo largo del humedal artificial, siendo mayor este incremento cuanto mayor es el TRH.
- pH: el valor del pH en el agua de entrada es de 7.8, apreciándose una ligera disminución a lo largo de las celdas del humedal.
- OD: los datos recogidos muestran menores concentraciones durante los meses más cálidos, alcanzándose valores próximos a 0 mg/L en el verano de 2010, y valores más elevados en invierno (concentraciones máximas de 11-12 mg/L durante los meses de diciembre-enero).
- SST: las concentraciones de entrada presentan un valor medio de 40 mg/L. El sector *FG* es el único que tiene una reducción neta de SS, y en él se cumplió el valor límite de vertido de 10 mg/L hasta agosto de 2011, cuando se llevó a cabo el secado del sector *FG* para favorecer el desarrollo del carrizo (*Phragmites sp.)* y airear el suelo. A partir de ese momento el valor medio de salida ha sido de 20 mg/L.
- DQO: la concentración media de entrada se sitúa entre los 30-40 mg/L, y aumenta a su paso por el humedal artificial. A excepción de casos muy puntuales, no se cumple el límite de vertido (20 mg/L).
- PT: la concentración media de entrada es de 0.4 mg P/L, observándose importantes picos durante los episodios lluviosos. El rendimiento del sistema se sitúa alrededor del 50%, aunque no se alcanza el valor objetivo a la salida (0.1 mg P/L).
- NT: la concentración de entrada tiene un valor medio de 4.7 mg N/L. En promedio, el sistema cumplió el objetivo de alcanzar una concentración inferior a 3 mg N/L. Los rendimientos de eliminación se sitúan sobre el 50%.
- Clorofila *a*: las concentraciones de entrada se caracterizan por una extrema variabilidad, registrándose valores mínimos de 3 μg/L y máximos superiores a 250 μg/L. En promedio, el tratamiento en el humedal artificial no es capaz de conseguir el objetivo marcado en 5 μg/L.

Durante los últimos meses de funcionamiento se ha observado un empeoramiento del efluente del sector *B*, sobre todo en las concentraciones de SS y PT.

Respecto a la calidad de las aguas en el sector *C*, se ha observado el papel de las lagunas en la eliminación de nutrientes, tanto NT como PT, con rendimientos del orden del 50%.

Los parámetros de calidad del sector *D* mejoraron entre el primer y segundo año de funcionamiento. No obstante, la conductividad ha presentado un incremento muy marcado, pasando de concentraciones de cercanas a 3000 μS/cm en abril de 2009 a valores superiores a 9000 μS/cm en junio de 2013.

El funcionamiento global del sistema se aprecia en la Figura 9, donde se observa la reducción de PT, NT y SS entre las entradas al sistema y las salidas del sector *C*:

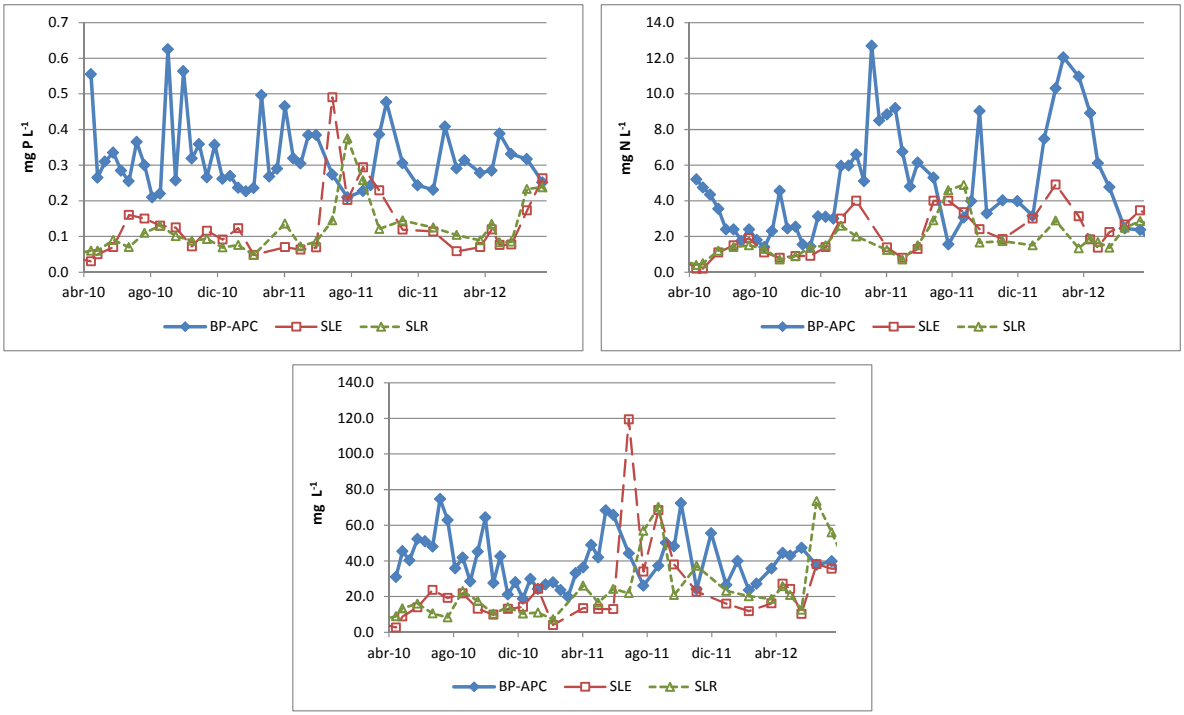

Figura 9. Evolución temporal de las concentraciones de PT, NT y SS, respectivamente, en las entradas del sistema (promedio entre BP y APC) y las salidas del sector *C* (salida laguna educativa, SLE, y salida laguna reserva, SLR).

3.5.- Fitoplancton y zooplancton.

El estudio del fitoplancton y el zooplancton ha sido realizado por el ICBIBE desde 2009 hasta 2012.

Se ha observado una elevada concentración de organismos planctónicos, que resulta esperable en un sistema de depuración de aguas. Estos organismos han ido incorporando los nutrientes que entraban al sistema, ya que su biomasa ha aumentado considerablemente. Además, ha habido un predominio de las algas Euglenofíceas, que debido a su carácter mixotrofo consumen tanto nutrientes inorgánicos como materia orgánica. Estas algas son propias de ambientes con grandes cargas de materia orgánica.

La red trófica planctónica funcionó de manera que los nutrientes incorporados por las algas fueron consumidos por el zooplancton. Éste parece atender a dos tipos de recursos: las cianobacterias y bacterias fueron consumidas por los abundantes rotíferos en verano, y las algas de mayor tamaño, tras la fase de dominancia de Euglenofíceas, fueron consumidas por cladóceros y copépodos.

En el sector *C* se produce una mejora de los parámetros fitoplanctónicos desde la puesta en marcha del sistema, sobretodo en la laguna de reserva. La red trófica planctónica, con abundancia de grandes cladóceros que aclaran el agua, unida a la absorción efectuada

por la vegetación sumergida, colaboran en gran medida a la retirada de nutrientes observada en las aguas efluentes.

3.6.- Artrópodos.

El estudio de los artrópodos ha sido realizado por el Instituto Agroforestal del Mediterráneo (IAM), de la Universitat Politècnica de València, entre 2009 y 2012.

En el conjunto del *Tancat* se ha observado un aumento del número de especies y de la diversidad, lo cual es indicativo de las mejoras alcanzadas, no sólo a nivel de la calidad de las aguas, sino también en la calidad ambiental.

En el caso del sector *C*, el índice QAELS[1] ha pasado de "muy deficiente" durante la puesta en marcha, a "aceptable" para la laguna educativa y "buena" para la laguna de reserva.

3.7.- Estudio de los suelos y sedimentos.

El estudio de los suelos y sedimentos ha sido realizado por el IIAMA desde 2009 hasta 2012. Se realizaron muestreos semestrales en 14 puntos distribuidos en el sector *B*. En cada punto se tomó muestra de dos profundidades (0-10 cm y 10-20 cm) y se determinaron los siguientes parámetros:

- Sólidos volátiles mediante pérdida por calcinación (%)
- Materia orgánica total (%C).
- Nitrógeno Kjeldhal Total (mg N/kg).
- Fosfatos (mg P/kg).
- Nitratos (mg N/kg).
- Metales pesados (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) (mg/kg).

El suelo del actual sector *B* corresponde a las profundidades 30-40 cm del suelo original, pues durante la ejecución de las obras se retiró la parte superficial del mismo.

Los cambios observados durante el período de estudio no resultan significativos. No obstante, cabe destacar una reducción en la concentración de nitratos en todas las celdas y en las dos profundidades estudiadas. También se aprecia una acumulación de cinc.

Durante los meses de abril y mayo de 2012 se llevó a cabo una experiencia de secado en *fp* para favorecer el crecimiento del carrizo. En este período también se estudió el efecto del secado sobre las características del suelo, centrado fundamentalmente en el análisis de los nutrientes presentes en el mismo. Los resultados obtenidos mostraron un aumento de las concentraciones de nitrógeno nítrico y fósforo soluble en el suelo, que son las fracciones biodisponibles. Así mismo, se evaluó la liberación de estos nutrientes en ensayos de

[1] El índice QAELS (Water Quality of Lentic Shallow Environments) determina la calidad de las aguas a partir de la comunidad de invertebrados.

incubación, comparando condiciones aerobias y anóxicas. De este último estudio, se extrajo que la liberación de fósforo fue mayor tras el secado, tanto en condiciones aerobias como anóxicas, siendo mayor en condiciones anóxicas.

3.8.- Gestión de la vegetación.

Aproximadamente un 60% de la superficie cultivada del humedal artificial está compuesta por enea (*Typha domingensis*), y adicionalmente se han plantado otras especies de macrófitos en el sistema. La tabla que se muestra a continuación presenta la distribución de plantaciones originales en cada celda del sector *B* del *Tancat de la Pipa*:

Tabla 5. Especies vegetales y densidades de vegetación inicialmente plantadas en el *Tancat de la Pipa*.

SECTOR	CULTIVO	DENSIDAD INICIAL (pie/m^2)
*FG*1	Enea (*Typha domingensis*)	1
*fp*1	Enea (*Typha domingensis*)	1
*FG*2	Enea (*Typha domingensis*)	1
*Fp*2	Enea (*Typha domingensis*)	1
*FG*3	Enea (*Typha domingensis*) Juncos (*Scirpus maritimus*, *S. holoschoenus*, *Juncus acutus*, etc.) Castañuelas (*Scirpus mucronatus*, *Cyperus rotundus*) Masiega (*Cladium mariscus*) Lirios (*Iris pseudacorus*)	0.5
*Fp*3	Enea (*Typha domingensis*)	1
F4	Enea (*Typha domingensis*) Juncos (*Scirpus maritimus, S. holoschoenus, Juncus acutus*, etc) Castañuelas (*Scirpus mucronatus, Cyperus rotundus*) Masiega (*Cladium mariscus*) Lirios (*Iris pseudacorus*)	0.25

La densidad inicial de plantación fue un factor determinante en el desarrollo inicial de la vegetación. En los subsectores donde la densidad inicial fue mayor, la vegetación se desarrolló mejor. La plantación de enea en los subsectores *FG*1-*FG*2 y *fp*1-*fp*2 tuvo un desarrollo muy bueno desde su plantación en febrero de 2009. A finales del verano de ese año se alcanzaron densidades de 4.21 kg/m^2, de biomasa húmeda. A finales de octubre de 2009 se segaron los sectores *FG*1 y *fp*1 empleando una cosechadora de arroz. La biomasa obtenida fue trasladada a una planta de compostaje.

La recuperación de la vegetación original en primavera no se produjo en los sectores segados. Por un lado, la técnica de siega, empleando maquinaria de gran envergadura, alteró

las características del terreno, dificultando la colonización de la enea. Por otra lado, la depredación que sobre los brotes de eneas producía el calamón (*Porphyrio porphyrio*) impidió su crecimiento y expansión.

Esta misma ave fue poco a poco actuando sobre la plantación de eneas del sector *FG*2, que no se segó, lo que provocó su paulatina disminución (ver claros de vegetación en Figura 10). Tras el verano de 2011 la densidad de eneas apenas cubría el 20% de la superficie, existiendo en la actualidad una cobertura del 10% de enea, con alguna mata dispersa de carrizo.

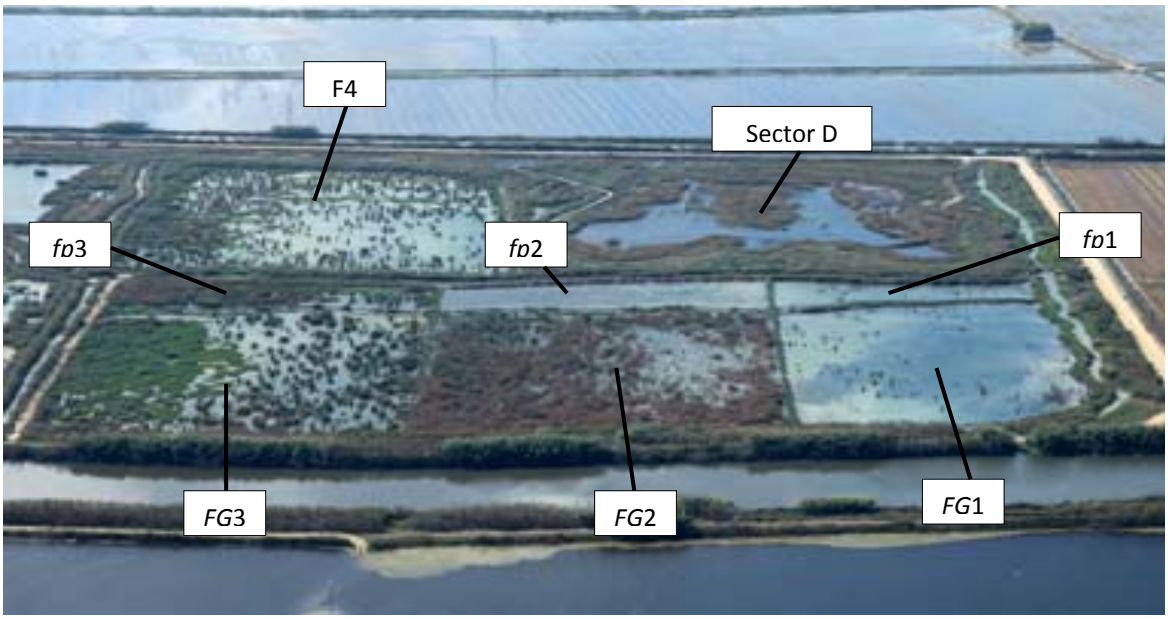

Figura 10. Imagen aérea realizada en octubre de 2010. En ella se aprecia el estado de la vegetación en el *Tancat de la Pipa*.

En septiembre de 2010 se segó la parcela *fp*2 mediante técnicas manuales, menos agresivas que las empleadas en los subsectores *FG*1 y *fp*1. Para observar el efecto de la depredación del calamón sobre el rebrote de la enea se parceló y aisló mediante unas redes una pequeña superficie (20 m^2) dentro del sector (Figura 11). Como cabía suponer, en la zona protegida la enea brotó sin inconvenientes, mientras que en el resto de la parcela no se recuperó.

Figura 11. Vista de la celda *fp*2 en abril de 2011. Detalle de la superficie aislada para observar la influencia del calamón.

En primavera de 2011 los sectores *FG*1, *fp*1, *FG*2 y *fp*2 fueron replantados con carrizo. Pero su crecimiento está siendo muy lento y en la actualidad tan solo el 10% de la superficie de *FG*1, *fp*1, *FG*2 está vegetada. En *fp*2 se realizaron refuerzos de la plantación de carrizo en 2012. En la actualidad, la superficie vegetada es del 15-20%, fundamentalmente de carrizo.

Adicionalmente se llevó a cabo una experiencia de secado de *fp* (abril y mayo de 2012) para favorecer el crecimiento del carrizo, obteniéndose resultados positivos, tal y como se puede observar en la Figura 12.

Figura 12. Estado de la vegetación en celda *fp*1 antes (izquierda) y después (derecha) del secado de *fp*, en primavera de 2012.

En los subsectores *FG*3, *fp*3 y *F4*, en los cuales la densidad de vegetación fue mucho menor y las especies plantadas más diversas, la expansión de la cobertura vegetal fue más lenta y en el caso de *F4* en claro declive con el tiempo. El subsector *FG*3 tiene actualmente el 100% de cobertura vegetal de plantación original en un tercio de su superficie.

El sector *fp*3 presenta una cobertura vegetal del 100%. El 50% del este humedal está compuesto por lirios, plantados en varias campañas, y el resto por vegetación original de carrizo y enea.

El lirio muestra un crecimiento lento pero sostenido en el tiempo, sin presentar parada vegetativa en invierno. Las actividades experimentales de siega permitieron observar una alta tasa de rebrote de esta planta.

La parcela *F4* no alcanzó nunca una cobertura significativa. En la actualidad está siendo objeto de una restauración y repoblación.

Dado el papel crucial que juega la vegetación sumergida como indicador de la recuperación de la calidad ambiental del lago de l´*Albufera*, ésta también ha sido introducida en las lagunas y sometida a seguimiento. Los datos disponibles corresponden al periodo comprendido entre marzo 2009 y mayo de 2011. Se han realizado introducciones por parte del Centro de Experimentación e Investigación de El Palmar en 2009 y 2013 de las siguientes especies: *Ceratophyllum demersum, Myriophyllum spicatum, Potamogeton crispus, Potamogeton nodosus, Potamogeton pectinatus y Zannichelia peltata*. El seguimiento de estas plantaciones corrió a cargo del ICBIBE.

Destaca la presencia periódica de algas filamentosas (*Cladophora spp*., *Enteromorpha spp.*) entre los meses de marzo y octubre. También estas algas aparecen en los humedales artificiales desprovistos de vegetación. La especie predominante en las lagunas ha sido la fanerógama acuática *Myriophyllum spicatum*. Esta planta fue introducida y se desarrolló adecuadamente, alcanzando las máximas densidades en verano y reduciéndose notablemente en invierno. A partir de finales de 2011 desapareció de las lagunas y no se ha logrado recuperar. Se han realizado experiencias de introducción de carófitos dado que en el sedimento se encontraron taxones de diez especies e incluso algunas de ellas llegaron a aparecer espontáneamente, principalmente en el sector *D* (*Nitella yalina, Chara vulgaris var. Vulgaris, T. glomerata y Chara hispida var. hispida f. polyacantha).*

Durante 2012 el ICBIBE llevó a cabo una experiencia para comprobar los factores que influyen en la desaparición de los macrófitos sumergidos a través de la instalación de varios cercados en las lagunas. Gracias a esta experiencia se comprobó que la desaparición de las praderas sumergidas del *Tancat de la Pipa* es debida principalmente a la presión depredadora de diversas especies de fauna acuática, descartando la hipótesis de falta de calidad de agua.

A raíz de la desaparición de las praderas de macrófitos sumergidos en 2012, se realizó como medida de gestión el secado alternativo de las dos lagunas del *Tancat de la Pipa*. Los objetivos para favorecer la recuperación de los macrófitos fueron varios: la reducción de la población íctica en las aguas del *Tancat de la Pipa* de modo que se redujera la fuerte presión de herbivorismo sobre las comunidades vegetales sumergidas; la mineralización de la materia orgánica acumulada en el sustrato permanentemente inundado; y la “activación” la germinación de las semillas y oosporas latentes en el sustrato de las lagunas.

Como consecuencia de las gestiones comentadas, en 2013 se detectó un crecimiento espontáneo de vegetación acuática en la laguna de reserva (Figura 13).

Figura 13. Detalle de la laguna de reserva en abril de 2013, donde se aprecia la presencia de vegetación sumergida.

3.9 Gestión de fauna acuática.

El *Tancat de la Pipa* se ha considerado como un espacio privilegiado en cuanto a calidad de sus hábitats y por esta razón se consideró oportuno favorecer la biodiversidad mediante introducciones y seguimiento de especies desaparecidas del entorno de l´*Albufera* hace muchos años, contando con la colaboración del Servicio de Biodiversidad de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. A continuación se describen brevemente las acciones más destacables:

- Reptiles

Desde el año 2010 se han reintroducido dos especies de galápagos autóctonos: el galápago europeo (*Emys orbicularis*) y el galápago leproso (*Mauremys leprosa*). El seguimiento exhaustivo de las mismas ha demostrado la perfecta adaptación de las especies, permaneciendo los individuos en las aguas del *Tancat de la Pipa*. Asimismo se ha constatado la reproducción con el hallazgo de individuos neonatos dentro del recinto.

- Peces

El Centro de Experimentación e Investigación Piscícola de El Palmar realizó dos pruebas de viabilidad previas a la posible reintroducción del samaruc (*Valencia hispánica*) en el Sector *D* y en la laguna educativa. Se trata de una especie catalogada "En peligro de extinción" en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. La prueba del sector *D* no prosperó y en la laguna educativa se detectó una supervivencia del 90 %, por lo que se realiza una suelta de 100 ejemplares de samarucs en la laguna. El seguimiento posterior no

ha dado ningún resultado positivo, seguramente debido a la competencia y depredación con la ictiofauna presente en el *Tancat de la Pipa*.

En este sentido, se lleva realizando tareas de pesca para reducir las grandes cantidades de peces de varias especies (algunas de ellas exóticas) acumuladas en las diferentes masas de agua. El crecimiento y la reproducción de los individuos existentes constituyen una presión muy fuerte sobre las comunidades vegetales y animales y un efecto negativo en la calidad del agua (resuspensión de partículas finas).

Además de la gran carga íctica, se puede destacar la presencia de un gran número de cangrejos americanos *Procambarus clarkii* cuya abundancia está reflejada en la siguiente figura:

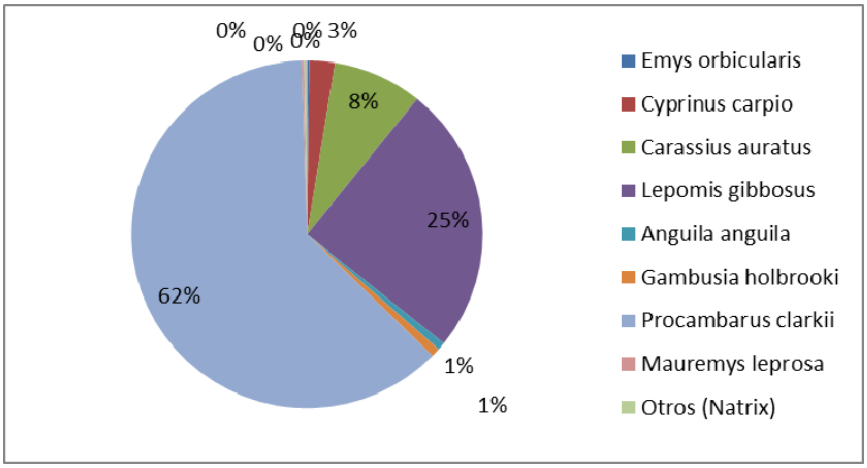

Figura 14: Abundancias relativas de especies de fauna acuáticas del *Tancat de la Pipa*. Datos obtenidos mediante pesca por trampeo (nasas anguileras).

- Invertebrados

La recuperación de plantas acuáticas sumergidas fue un factor crucial para la recuperación natural de la "gambeta", quisquilla de agua dulce (*Palaemos elegans*), crustáceo muy poco representado en el Parque Natural de l'*Albufera*. En la actualidad no se está realizando el seguimiento de esta especie.

- Moluscos

Se destaca la presencia en los canales y acequias del *Tancat de la Pipa* individuos de "petxinots", bivalvos de agua dulce como *Unio elongatulus* y *Anodonta anatina,* dos especies que aparecen en las el Catalogo Valenciano de especies amenazadas. Se realizan desde el año 2010 trabajos de marcaje y seguimiento.

3.11- Gestión de la avifauna.

- Evolución de la avifauna.

Desde la puesta en marcha del *Tancat*, la organización SEO/BirdLife ha realizado el seguimiento de la avifauna en el *Tancat de la Pipa*.

Durante este período se utilizaron diversas metodologías de muestreo dependiendo del seguimiento de los distintos grupos de aves (censos exhaustivos de aves acuáticas nidificantes, migratorias e invernantes; transectos de paseriformes con doble banda de detección) y se obtuvo información de detalle, especialmente para el seguimiento de paseriformes palustres nidificantes e invernantes (mediante anillamiento científico).

Para el seguimiento de la comunidad de paseriformes se siguió la metodología de Estación de anillamiento de Esfuerzo Constante (EEC), en el entorno de la laguna de reserva. La EEC utilizada constaba de 6 redes de 18 m de longitud y 16 mm de malla, ubicadas siempre en el mismo lugar. Los muestreos se realizaron con una frecuencia semanal, siempre con una duración de 5 h desde la salida del sol.

Las principales observaciones obtenidas a partir de este seguimiento son las siguientes:

- Desde su creación, el *Tancat de la Pipa* ha supuesto un cambio en la dinámica de algunas especies acuáticas en el marco de l´*Albufera*. Así, algunas especies con estrictos requerimientos ambientales, que habían visto reducido su hábitat de nidificación en el lago, han encontrado un ambiente adecuado en el *Tancat*. Este puede ser el caso de la focha común (*Fulica atra*), el pato colorado (*Netta rufina*) o el porrón europeo (*Aythya ferina*). En el caso de aves invernantes y migratorias, especies como el avetoro (*Botaurus stellaris*) o focha moruna (*Fulica cristata*) se han hecho más frecuentes y abundantes en los pasos migratorios e invernada que en períodos anteriores.
- La evolución del ecosistema ha dado lugar en 2012 y 2013 a la ganancia progresiva de parejas reproductoras de aves características de ambientes más evolucionados y con requerimientos ambientales más estrictos. Éste es el caso del ánade friso (*Anas strepera*), cuchara europeo (*Anas clypeata*) y aguilucho lagunero occidental (*Circus aeruginosus*).
- Desde el punto de vista ecológico, el *Tancat* ofrece alimento y refugio a las aves durante la época de estrés trófico previa a la reproducción. A partir de febrero, la mayor parte de los campos de arroz colindantes son desecados. Entre esta desecación y la inundación estival para el cultivo del arroz, transcurren cerca de 3 meses en los que la disponibilidad de ambientes con lámina de agua desciende bruscamente en el ámbito de l´Albufera. Por ello, en el *Tancat* se producen importantes concentraciones de aves acuáticas, especialmente anátidas y rálidos, que probablemente ayuden a establecer un mayor número de parejas reproductoras mediante su sedimentación en este período. Llegado el mes de mayo, los campos colindantes se inundan de nuevo, y el número de aves registradas en el *Tancat* disminuye.
- Se ha hecho patente la funcionalidad de cada uno de los ambientes. Todas las parcelas registran aves acuáticas reproductoras, aunque la nidificación se centra en las lagunas. Los humedales artificiales y el ullal ofrecen ambientes secundarios para la reproducción y ambientes adecuados para la alimentación de las anátidas juveniles.
- Con la evolución de los ambientes, la comunidad de aves paseriformes ha aumentado su complejidad, siendo en la temporada 2010-2011 más madura y estructurada que la de la temporada anterior. Así mismo, se trata de una comunidad más diversa y con menor dominancia de especies abundantes. En el año 2010 se encuentran más especies nidificantes, especialmente destacable en el caso de aquellas de mayor valor

conservacionista, como el carricerín real (*Acrocephalus melanopogon*), la buscarla unicolor (*Locustella luscinioides*) y el bigotudo (*Panurus biarmicus*, únicamente como área de alimentación de grupos familiares). No obstante, en las últimas temporadas se ha confirmado la quasi-extinción del bigotudo en l´*Albufera* (únicamente una pareja segura en todo el espacio), por lo que su estado crítico invita a pocas esperanzas de recuperarlo en el *Tancat*.

- El efecto de la avifauna en la calidad de las aguas es limitado respecto al aporte de nutrientes. No obstante, se produce una resuspensión de los sedimentos que genera un incremento significativo de los sólidos suspendidos y del fósforo asociado.
- Se ha observado el importante ramoneo del calamón común sobre los brotes tiernos de enea.
- Se constata que la presión ejercida por el calamón es independiente del período fenológico, de la abundancia de la especie y del modo de siega de la vegetación. Por lo tanto, cabe apuntar que probablemente los humedales artificiales monoespecíficos de enea con poca altura de agua no resulten aconsejables en humedales que alberguen poblaciones importantes de calamón común.
- En cuanto a la gestión de la vegetación, se ha apreciado que la siega antes de la época de cría afecta negativamente a la productividad de los paseriformes palustres, dado que supone una reducción del hábitat favorable para su nidificación y alimentación.

A continuación se presentan las principales observaciones registradas en cada sector:

- Sector *B*

Entre los años 2009 y 2011 se observaron 48 especies de aves acuáticas haciendo uso del humedal artificial. Cabe destacar la presencia de aves limícolas, especialmente del género *Tringa, Charadrius* y *Calidris*.

Por lo que respecta a la nidificación, el interior de los humedales artificiales se mostró como un ambiente propicio únicamente para la nidificación de especies que aprovechan la estructura que ofrecen las eneas y pequeñas matas de carrizo para construir el nido. Éste puede ser el caso del avetorillo (*Ixobrychus minutus*), el calamón, la gallineta común (*Gallinula chloropus)* y la focha común.

Se evaluó también la afección de la avifauna sobre la calidad de las aguas, referida al aporte de nutrientes asociado a las deyecciones. Este aporte supone el 0.5% del nitrógeno y el 2.2% del fósforo que entra desde el lago de l´*Albufera*, alcanzando valores del 3% y el 9.5%, respectivamente, en los meses de máxima afluencia de aves (marzo y abril).

Respecto a la paseriformes palustres, se han detectado un total de 39 especies, con densidades máximas en el inicio de la invernada, en el paso prenupcial y en la época postreproductora.

- Sector *C*

Tal como sucede en el conjunto del *Tancat*, se ha observado una maduración del hábitat a lo largo del tiempo, que en el caso del sector *C* ha dado lugar a un aumento y estabilización en la reproducción de especies especialistas (figura 15).

Se aprecia una fuerte interacción con la vegetación, debida a la alimentación de las aves. La focha común y la focha moruna produjeron una sobreexplotación de los macrófitos

acuáticos al final del período de invernada, lo que ocasionó un descenso de los macrófitos hacia el final de la primavera de 2011.

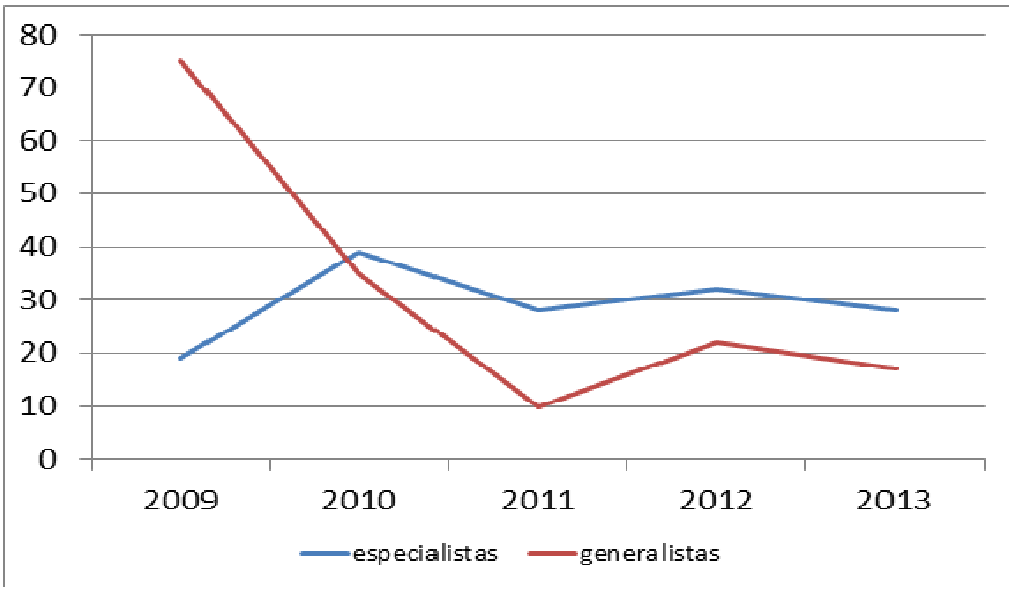

Figura 15. Número de parejas reproductoras detectadas en las lagunas, clasificadas como generalistas o especialistas según sus requerimientos de hábitat.

Respecto a las paseriformes, estudiados con la metodología de EEC, se observan picos de abundancia en los meses de febrero y marzo, con distribuciones interanuales muy similares. La riqueza específica, caracterizada por una distribución bimodal, tampoco presenta diferencias interanuales significativas.

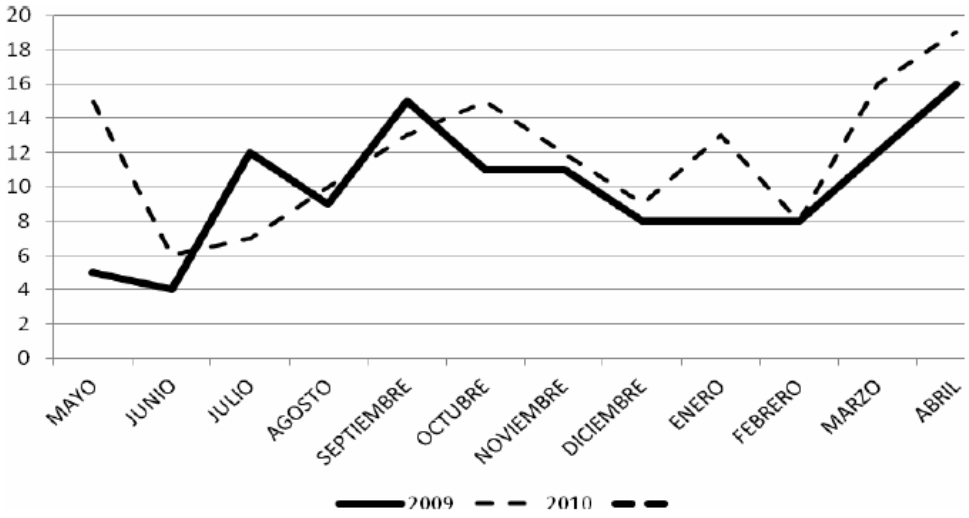

Figura 16. Riqueza específica (número de especies) de las capturas mensuales realizadas en la EEC.

En este sector, la diversidad aumentó interanualmente de forma significativa, lo cual puede interpretarse como una respuesta a la mayor disponibilidad y diversidad de hábitats.

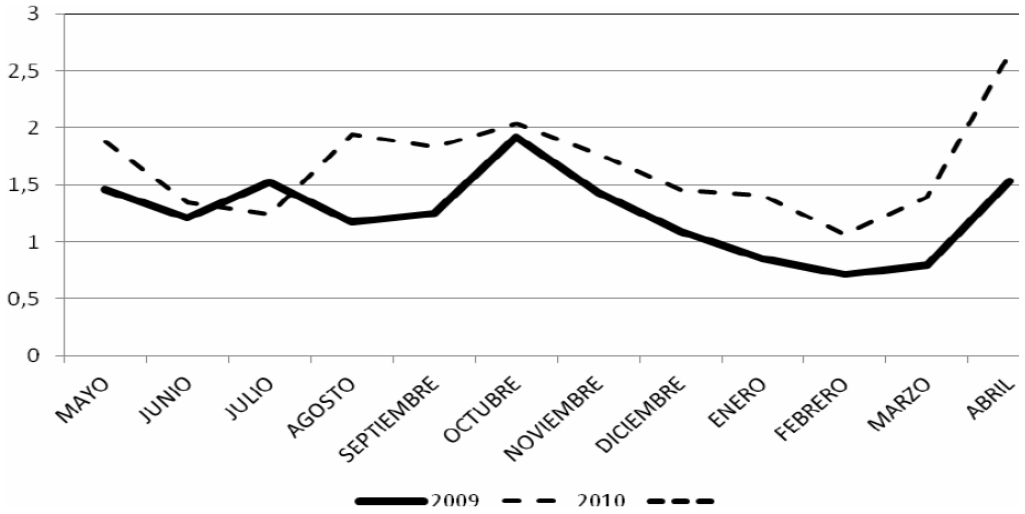

Figura 17. Diversidad del total de capturas realizadas (índice de Shannon[2]) del total de capturas realizadas cada mes en la EEC.

- Sector *D*

Se detectó un total de 24 especies de aves acuáticas haciendo uso del ullal. De entre ellas, destaca el avetoro (*Botaurus stellaris*), especie catalogada como "En Peligro Crítico" en el Libro Rojo de las Aves de España.

Teniendo en cuenta el conjunto del *Tancat*, el ullal resulta un ambiente secundario desde el punto de vista de la reproducción. Por ejemplo, se ha observado que la abundancia de focha común aumentó en el ullal durante la época nupcial y prenupcial si su ambiente óptimo (probablemente la laguna educativa) pierde calidad.

En cuanto a las paseriformes, se han detectado 30 especies diferentes, incluyendo dos de especial interés: el carricerín real (incluido como "Vulnerable" en el Libro Rojo de las Aves) y el bigotudo, el cual ha sufrido una extinción casi total en el conjunto de l´*Albufera*.

3.10- Uso público.

En el *Tancat de la Pipa* se realiza una intensa actividad de difusión y sensibilización ambiental de cara al público, gestionada coordinadamente entre Acció Ecologista-Agró y la Sociedad Española de Ornitología. Desde octubre de 2009 existe la posibilidad de una visita guiada por este espacio en donde se explica el funcionamiento y finalidad de los humedales artificiales.

Con el fin de no alterar las condiciones ambientales se ha establecido una capacidad de carga en un número máximo de 60 personas simultáneamente. Durante la semana laborable el mayor porcentaje de visitantes corresponde a grupos de estudiantes en visitas

[2] El coeficiente de Shannon (H) es un indicador de la biodiversidad de una población ($H = -\sum p_i \cdot \log p_i$, donde p_i es la población de individuos de la clase *i* respecto al total de individuos).

concertadas por sus colegios o institutos. Durante el fin de semana las visitas corresponden a particulares. En las instalaciones del *Tancat de la* Pipa se han realizado actividades formativas como cursos de formación para profesorado, prácticas de estudiantes universitarios, etc.

Otro aspecto importante a destacar es la importancia de este espacio de cara a la participación ciudadana a través de los proyectos de voluntariado. Cabe citar a modo de ejemplo el *Projecte EMYS* de Acció Ecologista Agró, para la reintroducción del galápago europeo en las zonas húmedas de las que desapareció, o el proyecto *Alas sobre aguas,* de la Sociedad Española de Ornitología.

Figura 18. Campaña de iniciación al anillamiento científico (izquierda) y visita dentro del marco del *Projecte EMYS* (derecha), en 2011.

3.11- Observaciones de interés.

Desde la puesta en marcha del sistema se ha observado como la inexistencia de impermeabilización en los suelos del *Tancat* da lugar a filtraciones desde la *Albufera*. Estas filtraciones dependen mucho de los niveles de agua entre ambos sistemas y son difícilmente cuantificables.

4.- *Tancat de Milia*.

El *Tancat de Milia* fue proyectado en diciembre de 2007. Las obras se iniciaron en agosto de 2009 y se finalizaron en septiembre de 2010, pero el sistema entró en funcionamiento un año más tarde.

Se sitúa al sur del lago de l´*Albufera*, entre las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 6. Coordenadas UTM de ubicación del *Tancat de Milia*.

Coordenadas	X	Y
Noreste	728415	4354630
Noroeste	727972	4354728
Suroeste	727745	4354063
Sureste	728121	4353871

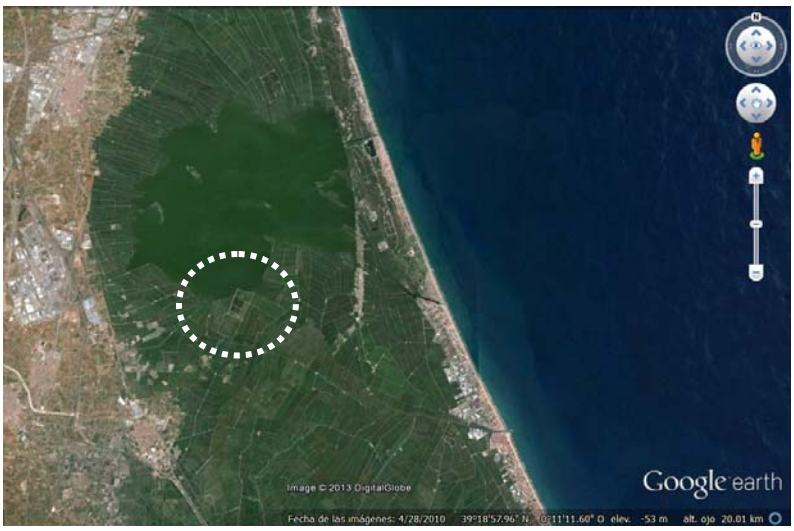

Figura 19. Mapa de situación del *Tancat de Milia*. Fuente: Google Earth.

4.1.- Proceso constructivo.

El presupuesto de la obra fue de 3.881.388,12 euros (más 13% de gastos generales, 6% de beneficio industrial y 16% de IVA) haciendo un total de 5.261.240,16 euros.

4.2.- Sectorización.

El *Tancat de Milia* tiene una superficie total de 33.4 ha, con un área útil de 27 ha dividida en tres sectores, que siguiendo el flujo de agua son:

- Sector *A*. Humedal artificial de flujo subsuperficial.
  Consta de un canal de distribución del agua, del lecho filtrante y de un canal de drenaje. La superficie efectiva es de 4.13 ha, dividida en 18 celdas paralelas de lecho

filtrante de dimensiones 19 x 105 m, separadas entre ellas por caminos de servicio de 4 m de anchura.

El perfil vertical de cada lecho está formado, desde la superficie hasta el fondo, por las siguientes capas: 15 cm de tierra vegetal, una lámina de geotextil, un lecho de 50 cm de gravas (50-60 mm de diámetro) y 30 cm de arcillas compactadas.

En el extremo suroeste del sector *C* se ubica una era de secado para la biomasa segada, por lo que las dos celdas situadas en este extremo tienen una longitud menor (87 m).

- Sector *B*. Humedal artificial de flujo superficial.

  El área útil total es de casi 15 ha. Está dividido en dos sectores dispuestos en serie: *B1* y *B2*. Cada uno de éstos está dividido en tres celdas que funcionan en paralelo. La nomenclatura utilizada para cada celda es la de este (*E*), centro (*C*) u oeste (*O*), según su ubicación (Figura 20).

  El sector *B* no está impermeabilizado, sino que el fondo del mismo está formado por la tierra vegetal preexistente en el terreno.

- Sector *C*. Laguna.

  Está formado por una única laguna artificial con una superficie de lámina libre de agua de 7.6 ha y dos isletas artificiales. La isleta 1 ocupa una superficie de 0.37 ha y la isleta 2, con una superficie de 0.54 ha, tiene un camino que la conecta a la mota que separa los sectores *B* y *C*.

  La morfología del fondo es irregular, de forma que la profundidad de la laguna varía entre 0.2 y 0.8 m.

  La capa de sedimentos está formada por la tierra vegetal preexistente.

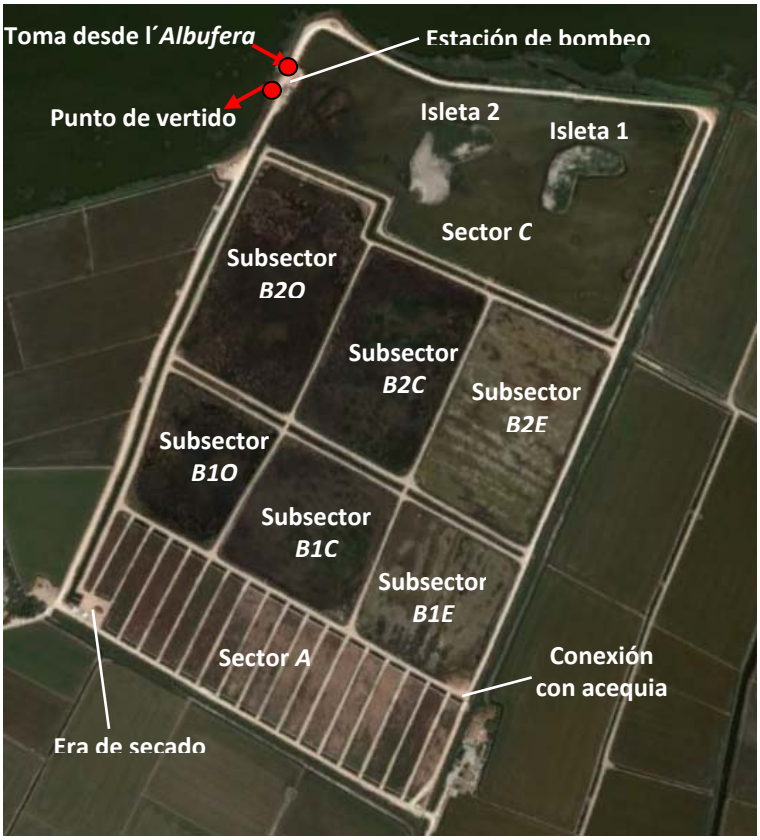

Figura 20. Esquema de sectorización del *Tancat de Milia*.

Las características principales de cada sector son:

Tabla 7. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del *Tancat de Milia*.

Sector	Superficie (m^2)	Calado máximo (m)	Materiales	Impermeabilización
A	41270	0.6	Tierra vegetal, gravas, geotextil, arcilla.	No
B	149390			
B1	55460			
B1E	18050	0.4	Tierra vegetal	No
B1C	20240	0.4	Tierra vegetal	No
B1O	17170	0.4	Tierra vegetal	No
B2	93930			
B2E	30000	0.4	Tierra vegetal	No
B2C	29270	0.4	Tierra vegetal	No
B2O	34660	0.4	Tierra vegetal	No
C	85580	0.2 – 0.8	Tierra vegetal	No

4.3.- Hidráulica.

El caudal de diseño del *Tancat de Milia* es de 34099 m^3/d (394.7 L/s), el cual puede proceder de tres orígenes distintos:

1. La EDAR de *Albufera Sur*. Éste debería ser el origen predominante, pues la finalidad originaria del humedal artificial era terminar la depuración de estas aguas. El agua a tratar proviene del tratamiento terciario, el cual consta de un tratamiento físico-químico de coagulación-floculación, seguido de una decantación lamelar, filtros de arena, microfiltración y desinfección por radiación ultravioleta.
2. El lago de l´*Albufera*, colindante con el *Tancat de Milia*.
3. La recirculación del efluente del propio *Tancat*.

El agua a tratar ingresa al sistema a través del sector *A*, desde donde fluye por gravedad a los sectores *B* y *C*.

La alimentación al sector *A* se realiza mediante un canal de distribución de tres metros de anchura. El agua llega a este canal en su zona central, mediante un único punto de entrada, y fluye lateralmente por el canal, ingresando en cada una de las 18 celdas que forman este sector (figura 21).

Tras atravesar el lecho filtrante, la salida del agua del sector *A* se realiza a un canal de drenaje, común para todas las líneas de este sector. Por ello no se puede diferenciar el agua que sale de cada línea.

El sector *A* no dispone de un sistema de compuertas que permita mantener el agua estrictamente retenida en el humedal artificial de flujo subsuperficial, sino que las compuertas se encuentran a la salida del canal de drenaje. Por lo tanto, cuando el sector *A*

contenga agua, estarán llenos el canal de reparto, el humedal artificial y el canal de recogida, simultáneamente.

Figura 21. Canal de distribución (izquierda) y de drenaje (derecha) del sector *A*.

Las compuertas del canal de drenaje del sector *A* son las que dan paso al agua hacia el sector *B1*, existiendo un total de tres compuertas, cada una de ellas ligada a la entrada de una celda (*B1E, B1C* y *B1O*). Las compuertas disponen de un sistema de regulación de nivel que permite controlar el nivel en el sector *A*.

El paso del agua del sector *B1* al *B2* se efectúa de la misma manera: un canal de drenaje común que sirve de alimentación a los sistemas *B2*. El nivel de los sistemas *B1* y *B2* se puede controlar en la compuerta de salida de cada subsector (una única compuerta de salida/entrada para cada subsector).

A continuación el agua pasa a la laguna del sector *C*. Las salidas de las celdas *B2E, B2C* y *B2O* conectan a un canal de drenaje que conduce el agua hasta el lado este del sector *C*, donde un sistema de 3 compuertas permite su entrada a la laguna. De estas tres compuertas sólo se suele abrir la última, ya que si se abren las tres, el agua sale por las dos primeras y deja el final del canal en seco. Desde el sector *C* el agua es bombeada al lago de l´*Albufera*, o recirculada al sector *A*.

Conviene destacar la existencia de una conexión hidráulica con la acequia que limita con el *Tancat* en el lateral este. Este punto de conexión se encuentra en el canal de drenaje del sector *A*, y en él una compuerta permitiría la entrada de agua desde dicha acequia, si así se considerara necesario. En este mismo punto también se ubica un aliviadero que vierte a la acequia.

Figura 22. Esquematización del flujo del agua en el *Tancat de Milia*.

4.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada.

El agua procedente de la EDAR de *Albufera* Sur puede ingresar al sector *A*, o directamente al sector *B*. Llega a través de la impulsión ubicada en la propia EDAR, mediante una conducción de 600 mm de diámetro, con una capacidad de 390 L/s.

En el caso de que el origen del agua sea el lago de l´*Albufera* o que se recircule, el agua deberá ser bombeada con el sistema de bombeo del propio *Tancat*, e ingresará siempre al sector *A*. La estación de bombeo de entrada dispone de tres bombas (2+1). Se trata de bombas que carecen de sistema de variación de frecuencia, es decir, funcionan con "todo o nada". El caudal suministrado por una única bomba es de 400 m^3/h, y el que suministran dos bombas en funcionamiento es de 600-700 m^3/h. Este caudal puede superar, en determinadas circunstancias, la capacidad hidráulica del sector *A*, es decir, podría dar lugar a la inundación y rebose del sector *A*.

El funcionamiento de las bombas puede ser de modo manual o automático. Para llevar a cabo el funcionamiento automático se debe seleccionar un volumen total diario a

bombear y el sistema lo reparte entre las 24 horas del día. Por ejemplo, si se deseara bombear un volumen diario de 4800 m^3/d y se trabajara automáticamente con una bomba (400 m^3/h), está funcionaría a intervalos de 30 minutos durante las 24 horas del día; si se trabajara automáticamente con dos bombas (650 m^3/h), éstas funcionarían en intervalos de 19 minutos durante las 24 horas del día.

Un sistema SCADA permite el control automático de las bombas de entrada, así como el registro de su funcionamiento.

4.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida.

La estación de bombeo de salida puede impulsar el agua a dos puntos distintos: recircularla al sector *A* o extraerla al lago de l´*Albufera*.

La estación de bombeo de salida dispone de tres bombas (2+1) del mismo tipo que las utilizadas en la entrada, que funcionan de modo discontinuo.

Una peculiaridad del sistema de bombeo es que el punto de toma de agua desde el lago y el punto de retorno al mismo están apenas separados por un par de metros. Esto significa que si se estuvieran realizando simultáneamente ambos bombeos equivaldría a una recirculación del agua desde el sector *C* al *A*. Esta disposición de la entrada y la salida deberá ser tenida muy en cuenta a la hora de definir el sistema de gestión de los caudales en este humedal artificial.

La hidráulica del sistema permite recircular un caudal mixto, es decir, formado por una mezcla de agua de salida del sector *C* y agua del lago de l´*Albufera*.

Un sistema SCADA permite el control automático de las bombas de salida, así como el registro de su funcionamiento.

4.3.3.- Puesta en marcha.

La puesta en marcha se realizó de manera paulatina desde el otoño de 2010. Debido a que el *Tancat* aún no disponía de energía eléctrica procedente de la red general de suministro, se empleaba un grupo electrógeno para alimentar las bombas. Finalmente, en septiembre-octubre de 2012 se hizo la conexión a la red eléctrica.

El volumen de agua tratado durante el primer año de funcionamiento ha sido de 0.57 Hm^3.

El modo de operación actual del sistema no es el de diseño. En primer lugar, el influente procede del lago de l´*Albufera*, y no de la EDAR *Albufera Sur*, ya que su sistema terciario de depuración no se encuentra operativo. Además, el sistema está funcionando en modo discontinuo, alternando periodos de llenado y reposo. Así, sólo se bombea agua desde el lago al sector *A* durante varias horas al día.

4.4.- Calidad de aguas.

El objetivo que se marcó en la puesta en marcha del *Tancat*, en cuanto a calidad de aguas, era la obtención de un efluente con una concentración de fósforo total inferior a 0.1 mg P/L.

La caracterización esperada en el agua procedente del tratamiento terciario de la EDAR *Albufera Sur* es la siguiente:

Tabla 8. Caracterización a cumplir por el efluente terciario de la EDAR *Albufera Sur*.

Sólidos suspendidos totales	mg/L	5
DBO_5	mg/L	3
DQO	mg/L	17
Nitrógeno total	mg N/L	6.73
Fósforo total	mg P/L	0.34
Turbidez	NTU	2
Coliformes totales	Ufc/100 ml	2
Huevos de nematodos intestinales	Huevos/L	1

Del mismo modo, se ha analizado el agua de l´*Albufera* en una zona próxima al punto de toma. Como se observa, las concentraciones de DQO y PT son muy similares a las del efluente de la EDAR, mientras que el contenido en SST es mucho mayor.

Tabla 9. Caracterización del agua de l´*Albufera* en la zona de toma de agua.

Sólidos suspendidos totales	mg/L	55
DQO	mg/L	17
Fósforo total	mg P/L	0.43

En el tratamiento de aguas mediante humedales artificiales existe una concentración mínima que se puede obtener en el efluente del sistema, conocida como concentración de fondo. En el caso del fósforo, esta concentración de fondo se sitúa desde inferior a 0.1 hasta 0.5 mg P/L. Por lo tanto, la concentración de fósforo de entrada estaría muy próxima a la de fondo y no cabe esperar rendimientos elevados de eliminación de fósforo total.

- Evolución de la calidad del agua. Mediciones efectuadas. Resultados.

El *Tancat* cuenta con dos sondas multiparamétricas de funcionamiento continuo. Estas sondas se ubican en los pozos de bombeo de entrada y salida. Los parámetros registrados son los siguientes:

- Conductividad (µS/cm)
- pH
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Temperatura (ºC)
- Turbidez (NTU)
- Amonio (mg N/L)
- Potasio (mg K/L)

Toda la información recogida por las sondas multiparamétricas se refleja y registra en el SCADA.

Adicionalmente, entre diciembre de 2011 y junio de 2013 se llevó a cabo una campaña de muestreos de la calidad del agua superficial y subterránea en diversos puntos del *Tancat*, realizada por el Departamento de Producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Se muestreó el agua superficial en 12 puntos (la entrada al sector *A*, entradas a los subsectores *B1E, B1C, B1O, B2E, B2C* y *B2O*, salidas de los subsectores *B2E*, *B2C* y *B2O*, y dos puntos en el sector *C*) y se instalaron 9 piezómetros para la toma de muestras del agua subterránea (

Figura 23). La frecuencia de muestreo fue mensual, si bien en algunas ocasiones no fue posible muestrear el agua subterránea, pues los piezómetros se habían inundado con el agua superficial del humedal.

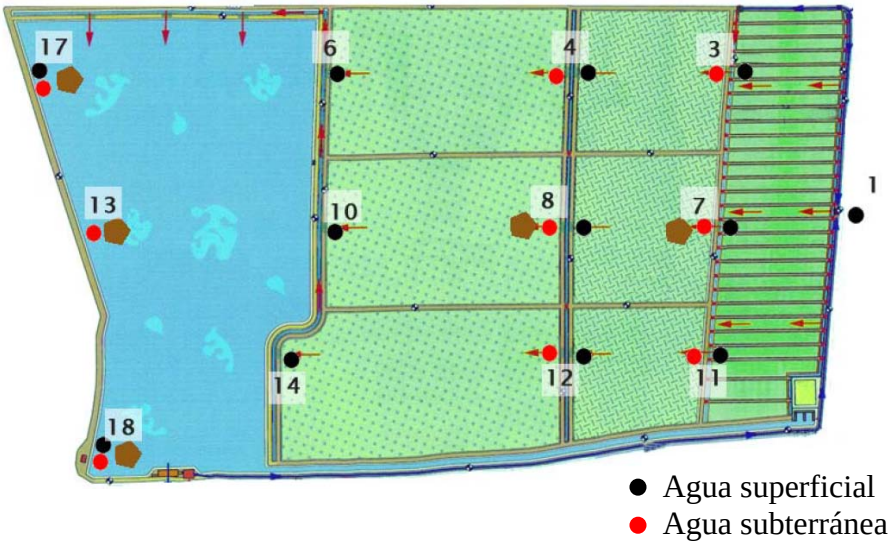

Figura 23. Localización de los puntos de muestreo en el *Tancat de Milia*.

Los parámetros físico-químicos determinados en cada muestra, tanto de agua superficial como subterránea, han sido los siguientes:

- Conductividad (µS/cm)
- pH
- SAR (Relación de adsorción de sodio)
- Sólidos suspendidos totales y volátiles (mg/L)
- Sólidos totales disueltos (mg/L)
- DQO total (mg/L)
- DQO soluble (mg/L)
- Fósforo total (mg P/L)
- Fosfatos (mg P/L)
- Nitrógeno total (mg N/L)
- Amonio (mg N/L)
- Nitratos (mg N/L)
- Nitritos (mg N/L)
- Sílice (mg/L)
- Clorofila *a* (µg/L)
- Calcio (mg/L)

- Magnesio (mg/L)
- Sodio (mg/L)
- Potasio (mg/L)
- Cloruro (mg/L)
- Sulfato (mg/L)
- Bicarbonato (mg/L)

La clasificación de las aguas atendiendo a su contenido mineralógico es de tipo cloruro sódico.

Se dispone de los resultados obtenidos entre septiembre de 2011 y noviembre de 2012, y los de abril a junio de 2013. El comportamiento de los parámetros más significativos de la calidad de las aguas superficiales en este período ha sido el siguiente:

- Conductividad: en general, la conductividad aumenta a lo largo del humedal artificial, pasando de valores entre 1300-2300 μS/cm en el influente, a valores superiores a 3000 μS/cm a la salida del sector *B2*, con valores máximos de hasta 4500 μS/cm.
- pH: no se observan variaciones importantes a lo largo del humedal, con valores próximos a 8.
- SST: los valores registrados a lo largo del sistema son muy variables, tanto espacial como temporalmente. Se observa una reducción en su concentración a la salida del sector *A*, que aumenta de nuevo a lo largo del sistema, sin conseguirse una reducción apreciable a la salida del sector *C*. La concentración en el influente tiene un valor promedio cercano a 40 mg/L, mientras que la concentración media del efluente oscila alrededor de 50 mg/L, con concentraciones punta superiores a 100 mg/L.
- DQO total: en la mayoría de los casos, los valores a la entrada y salida del sistema son muy similares. Los valores mínimos se registraron entre septiembre y noviembre de 2011, con valores promedio en el influente de 4 mg/L y en el efluente de 5 mg/L. Las mayores concentraciones tuvieron lugar entre abril y junio de 2013, con 45 mg/L de DQO en el influente y 40 mg/L en el efluente.
- PT: las concentraciones de entrada han oscilado entre 1-1.5 mg P/L, con salidas que varían entre 0.5 y 2.2 mg P/L. En algunos periodos, como marzo-agosto de 2012 o abril-junio de 2013, se produce una eliminación neta de PT, de entre 0.4-0.9 mg P/L eliminados.
- Fosfatos: su valor es inferior a 0.01 mg P/L en el influente y en el efluente.
- NT: todos los valores medidos a la entrada y a la salida del sistema son inferiores a 4 mg N/L.
- Amonio: todos los valores medidos a la entrada y a la salida del sistema son inferiores a 1 mg N/L.
- Nitratos: entre septiembre de 2011 y febrero de 2012 se registraron valores elevados de entrada, de entre 3 y 6 mg N/L. El resto de valores son inferiores a 1 mg N/L en la mayoría de los casos.
- Clorofila *a*: este parámetro es uno de los más variables, pues el influente registra valores entre 0.7 – 100 μg/L, y el efluente entre 0 y 267 μg/L.

4.5.- Gestión de la vegetación.

- Vegetación emergente en los humedales artificiales.

La distribución de especies plantadas fue la siguiente:

- El sector *A* se plantó con carrizo (*Phragmites sp.*) y enea (*Typha sp.*). En total se plantaron 60790 unidades, lo que supone una densidad de 1.5 plantas/m^2. Las primeras celdas en plantarse fueron las de los extremos este y oeste, con un lapso de tiempo hasta que se finalizó la plantación (celdas centrales) de casi un año.
  El carrizo ha tenido un buen desarrollo, alcanzando coberturas elevadas en algunas celdas. Sin embargo, la enea no se ha desarrollado.
  En otoño de 2012 y 2013 se han segado algunas celdas centrales, triturando la biomasa y depositándola sobre el lecho. Las celdas segadas en 2012 tuvieron un buen desarrollo en la siguiente etapa de crecimiento.

- El sector *B* se plantó con 27117 unidades de carrizo y 38195 de enea. En algunos sectores se llevó a cabo el monocultivo, mientras que en otros se plantaron las dos especies (Figura 24):
  - Subsectores *B1E* y *B2O*: plantados con carrizo.
  - Subsectores *B1O* y *B2E*: plantados con enea.
  - Subsectores *B1C* y *B2C*: mixtos, plantados con carrizo y enea.

Figura 24. Vegetación plantada en cada sector del *Tancat de Milia*.

La evolución de la vegetación en este sector ha sido muy heterogénea, pudiéndose observar diferentes grados de cobertura vegetal en cada subsector, con un mayor desarrollo de la enea.

La gestión de la vegetación llevada a cabo en las celdas *B1C* y *B1E* ha sido el fangueado, realizado durante la época invernal, cuando la vegetación está seca. La celda *B1C* se fangueó en 2012 y la vegetación no se recuperó, por lo que se replantó con enea durante los meses de julio y agosto de 2013. Su desarrollo fue limitado debido a la presión ejercida por los calamones.

La celda *B1E* se fangueó completa tras el verano del 2011, y en la primavera de 2012 sólo se fangueó la mitad norte de la misma. En la franja desprovista de vegetación crecieron algunas especies de vegetación sumergida, tales como *Chara sp.*

Algunas celdas presentan problemas de ladeamiento de las eneas. Esta situación es especialmente llamativa en la celda *B2O* (Figura 25), en la cual muchas matas de enea se encuentran totalmente tumbadas sobre el lecho.

Figura 25. Detalle de la vegetación ladeada sobre el lecho de la celda *B2O*.

- En el sector *C* no se plantó vegetación emergente, ya que se pretende favorecer el crecimiento de caráceas e hidrófitos.

  En las bandas perimetrales se plantaron especies como *Populus alba, Salix alba, Tamarix sp., Iris pseudacorus, Scirpus sp., Hydrocotyle vulgaris, Kosteletzkya pentacarpos, Cladium mariscus, Lythrum salicaria…*

  Las dos isletas fueron desbrozadas en el año 2012 y en 2013 sólo se ha desbrozado la isleta 2. Además, recientemente se ha iniciado una experiencia de segado de la isleta 2 mediante mamíferos herbívoros. Se ha introducido una cabra de raza Murciana y está prevista la introducción de algunos ejemplares más.

  En la zona de transición entre los sectores *B* y *C* se plantaron especies de la comunidad Nerio-Tamarictea: *Tamarix gallica* y *Tamarix africana.*

- Vegetación sumergida. Plantación inicial y evolución.

Inicialmente no se plantó vegetación sumergida en ningún sector del humedal artificial. No obstante, se pretende potenciar este tipo de vegetación en el sector *C*, acogiendo especies como *Chara hispida, Chara fragilis, Myriophyllum vertillatum* y *Myriophyllum spicatum,* así como *P. natans, P. fluitans, P. pectinatus* e *Iris Pseudacorus*, especies propias del Hábitat de Interés Comunitario Nº3150, que se encuentra en el lago de l´*Albufera*.

4.6.- Estudio de los sedimentos.

Desde el Departamento de Producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València se llevó a cabo un seguimiento de la caracterización del perfil del suelo. Se muestrearon los puntos 7, 8, 13, 17 y 18 (figura 23) a tres profundidades (0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm) y se determinaron los siguientes parámetros:

- Bicarbonatos (meq/L)
- Calcio (meq/L)
- Carbonatos (meq/L)
- Carbonatos totales (% $CaCO_3$)
- Cloruros (meq/L)
- Conductividad a 20 ºC (µS/cm)
- pH
- Potasio (meq/L)
- Sólidos totales (mg/L)
- Sulfatos (meq/L)
- Textura

Se trata de suelos muy jóvenes en su génesis, y que en algún caso han sido rejuvenecidos recientemente por influencias antrópicas. Taxonómicamente pertenecen al orden de los Entisoles, suelos jóvenes de perfil AC, formados por diversos aportes de origen fluvial. La clase estructural del suelo varía entre los distintos horizontes del perfil, siendo la más frecuente los horizontes franco-arcillo-limosos. Se trata de suelos relativamente calizos, en los que predominan los iones calcio y magnesio.

En la capa superficial se observan conductividades de 7 mS/cm y en profundidad se alcanzan los 20 mS/cm. Los pH son alcalinos, con valores entre 8 y 8.70.

4.7.- Gestión de la avifauna.

El Grupo Ornitológico GOTUR ha llevado a cabo un seguimiento de la avifauna entre septiembre de 2011 y agosto de 2012. Durante este período el *Tancat* se encontraba en fase de puesta en marcha, por lo que debe tenerse en cuenta que las condiciones del mismo han sido cambiantes.

El seguimiento realizado por GOTUR consiste en el establecimiento de una Estación de Esfuerzo Constante (EEC) en el *Tancat de Milia*. La metodología utilizada ha sido el anillamiento científico mediante un total de 11 redes japonesas o de niebla. El protocolo de trabajo ha consistido en un muestreo semanal realizado durante 4 horas desde la salida del sol, en el mismo emplazamiento y con el mismo número de redes. Debido al uso de esta metodología de muestreo, la práctica totalidad de las aves anilladas han correspondido a aves paseriformes y limícolas.

Entre las operaciones de gestión se ha incluido la creación de las dos isletas dentro del sector *C* para favorecer la nidificación de especies limícolas y larolimícolas, prestando especial atención a dos especies catalogadas en el Libro Rojo de las Aves de España: la canastera común (*Glareola pratincola*, catalogada como Vulnerable) y el charrancito (*Sternula albifrons*, catalogado como Casi Amenazado), y que cuentan con poblaciones reducidas tanto en el ámbito regional (Comunidad Valenciana) como local (Albufera).

- Evolución de la avifauna.

Por lo que respecta a las aves reproductoras, se ha seguido una evolución muy similar a la experimentada en el Tancat de la Pipa, destacando la reproducción de pato colorado (19 parejas en 2013) y la focha común (5 parejas).

En cuanto a la evolución de la comunidad de aves paseriformes, entre septiembre de 2011 y agosto de 2012, a partir de la información de más de 3000 aves se ha calculado el coeficiente Shannon estandarizado[3], el cual presenta un valor medio de 0.637 para el período de estudio. Este valor varía a lo largo del año, existiendo diferencias significativas entre los meses de marzo y abril (mayor diversidad) con mayo, junio y octubre (diversidad intermedia) y el resto de meses (menor diversidad).

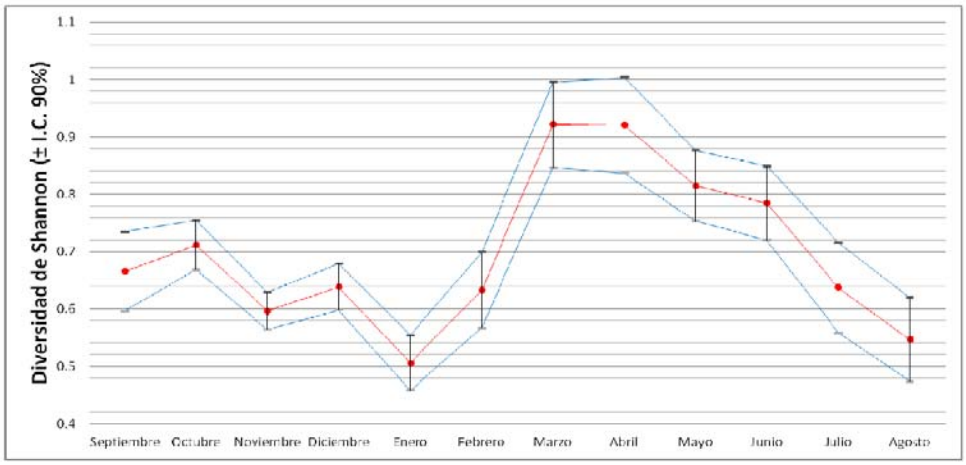

Figura 26. Valores del índice de diversidad de Shannon y el intervalo de confianza al 90%.

La abundancia de aves registrada en la EEC, presenta su máximo en el mes de noviembre, con un ligero repunte en primavera y manteniéndose bajo durante la época reproductora, debido a un uso más especializado y compartimentalizado en territorios.

[3] Para facilitar la comparación del coeficiente Shannon de biodiversidad, se calcula el coeficiente de Shannon estandarizado, dividiendo el anterior por la diversidad máxima posible que se puede obtener en cada muestreo.

Respecto a la riqueza (número de especies capturadas), el máximo se alcanza durante el paso postnupcial y la invernada.

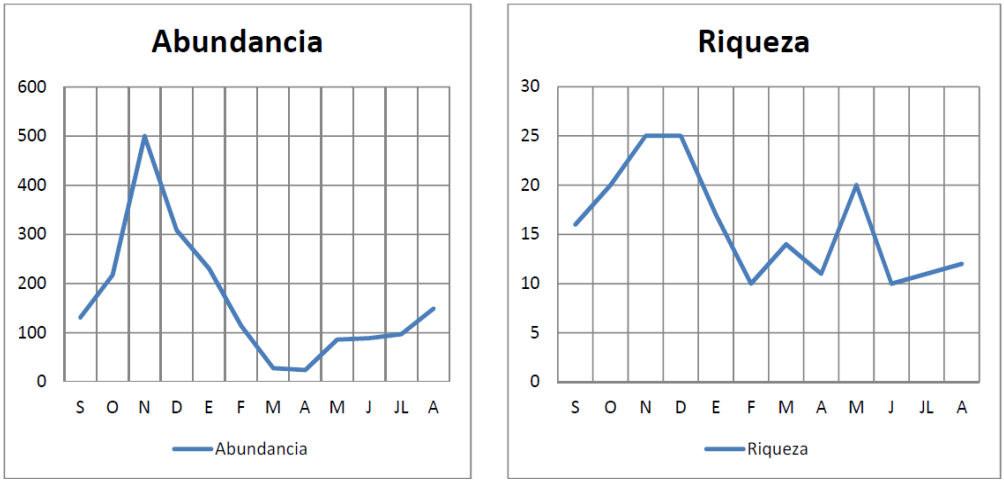

Figura 27. Evolución mensual de la abundancia y riqueza en la EEC.

El desbrozado de las isletas en el año 2012 ha permitido observar la influencia de la vegetación en la reproducción de las especies objetivo en este enclave, siendo el número de parejas reproductoras menor con mayor cobertura de vegetación pionera.

4.8- Observaciones de interés.

El nivel de fondo del *Tancat* presenta una ligera inclinación en el sentido este-oeste. Las celdas situadas en la parte oeste presentan una menor elevación, de forma que son las que se llenan más fácilmente y las que se vacían en último lugar.

Desde la puesta en marcha del sistema se ha observado como la inexistencia de impermeabilización en los suelos del *Tancat* da lugar a filtraciones. Éstas son difícilmente cuantificables y dependen mucho de las diferencias de niveles de agua entre el *Tancat* y los campos colindantes. Así, se observa como las pérdidas por filtraciones son especialmente importantes durante las épocas en las que los campos de alrededor permanecen secos.

En la siega del sector *A* se ha triturado la vegetación y los restos se han dejado sobre el propio lecho. Esta gestión puede dar lugar a un aporte de materia orgánica y nutrientes producido por la biodegradación de los restos de poda.

5.- *Tancat de L'Illa*.

El *Tancat de L´Illa*, proyectado en mayo de 2008, se ubica al sureste del lago de L´*Albufera*, entre las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 10. Coordenadas UTM de ubicación del *Tancat de L´Illa*.

Coordenadas	X	Y
Norte	733621	4351438
Sur	733605	4350918
Este	733867	4351181
Oeste	733433	4351060

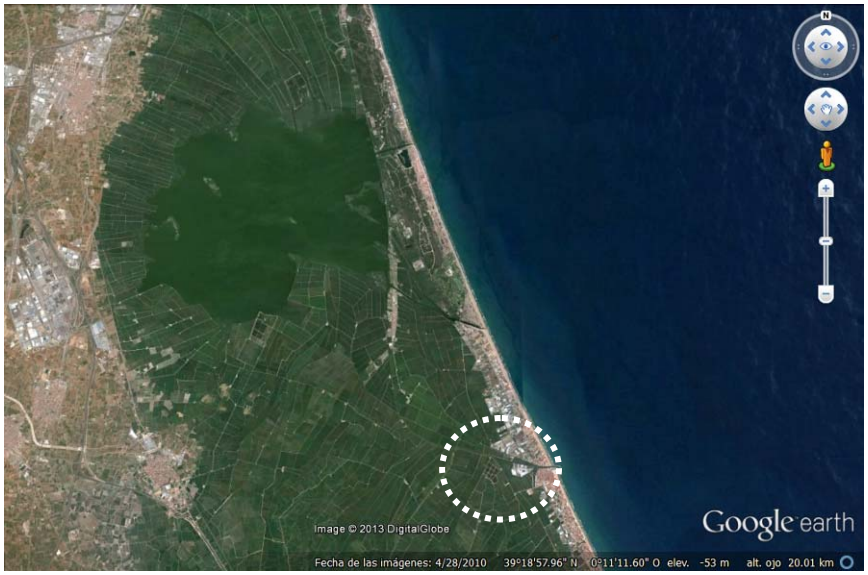

Figura 28. Mapa de situación del *Tancat de L´Illa*. Fuente: Google Earth.

5.1.- Proceso constructivo.

El presupuesto de la obra fue de 1.506.986,77 euros, incrementado un 13% en concepto de gastos generales, un 6% de beneficio industrial y un 16% de I.V.A., haciendo un total de 2.080.244,54 euros.

5.2.- Sectorización.

El *Tancat de L´Illa* tiene una superficie total de 14.2 ha y consta de tres sectores, que siguiendo el flujo del agua son:

- Sector *A*. Humedal artificial de flujo subsuperficial.

Está formado por un canal de reparto, un canal de recogida y dos celdas de funcionamiento en paralelo: subsector *A1* (11 x 100 m) y subsector *A2* (11 x 118 m). Las dos celdas están separadas por una arqueta central de reparto.

Los subsectores *A1* y *A2* están formados, desde la superficie hacia el fondo, por una capa de 15-20 cm de tierra vegetal, una lámina de geotextil, un lecho de gravas de 50 cm de espesor y arcillas compactadas.

Figura 29. Detalle del canal de reparto en el subsector *A2*.

- Sector *B*. Humedal artificial de flujo superficial.

Está dividido en cuatro subsectores: *B1, B2, B3* y *B4*. El primero está formado por una única celda (*B1*), el segundo por dos celdas (*B21* y *B22*) y *B3* y *B4* constan cada uno de tres celdas de funcionamiento en serie (*B31, B32, B33* y *B41, B42, B43*).

En el margen suroeste del sector *B* hay una zona despejada de vegetación que se contempla como era de secado para la biomasa segada.

- Sector *C*. Laguna.

Está formado por una laguna somera.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la sectorización del *Tancat de l´Illa*:

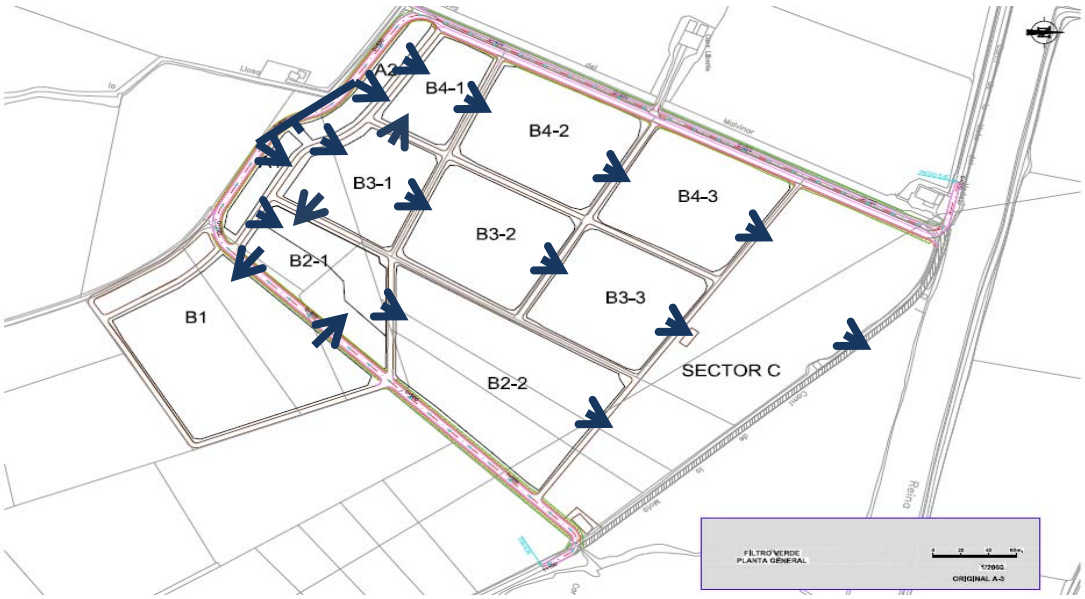

Figura 30. Esquema de sectorización del *Tancat de L´Illa* y del flujo del agua.

Las características principales de cada sector se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 11. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del *Tancat de L´Illa*.

Sector	Superficie (m^2)	Calado máximo (m)	Materiales	Impermeabilización
A	2548			
A1	1118	0.6	Tierra vegetal, geotextil, grava y arcilla.	No
A2	1430	0.6	Tierra vegetal, geotextil, grava y arcilla.	No
B	89533			
B1	14450	0.5	Tierra vegetal	No
B2	23897			
B21	7397	0.5	Tierra vegetal	No
B22	16500	0.5	Tierra vegetal	No
B3	25953			
B31	7214	0.5	Tierra vegetal	No
B32	9564	0.5	Tierra vegetal	No
B33	9175	0.5	Tierra vegetal	No
B4	25233			
B41	4583	0.5	Tierra vegetal	No
B42	10510	0.5	Tierra vegetal	No
B43	10140	0.5	Tierra vegetal	No
C	28280	0.9	Tierra vegetal	No

5.3.- Hidráulica.

El caudal de diseño del *Tancat de L´Illa* es de 18150 m^3/d (210.1 L/s), el cual puede proceder de tres orígenes distintos:

4. La EDAR de Sueca (ubicada a 11 km del *Tancat*). Éste debería ser el influente mayoritario, pues el objetivo del humedal artificial es tratar el agua de este origen. El agua a tratar proviene del tratamiento terciario, el cual consta de un tratamiento físico-químico de coagulación-floculación, seguido de una decantación lamelar, filtros de arena, microfiltración, filtración con carbón activo y desinfección por radiación ultravioleta.
5. L´*Estany de la Plana* (colindante al noreste con el *Tancat* a de l´Illa).
6. La recirculación del efluente del propio *Tancat*.

La secuencia normal de tratamiento es sector *A*, sector *B* y sector *C*. El agua siempre fluye por gravedad.

El influente llega a la arqueta de reparto del sector *A* y pasa al canal de reparto. Desde aquí atraviesa el lecho filtrante del humedal artificial de flujo subsuperficial y sale al canal de recogida. No existe un sistema de compuertas que permita mantener el agua estrictamente retenida en el humedal artificial de flujo subsuperficial, sino que las compuertas se encuentran a la salida del canal de recogida. Por lo tanto, cuando el sector *A* contenga agua, estarán llenos el canal de reparto, el humedal artificial y el canal de recogida, simultáneamente.

El sector *A* presenta problemas de filtraciones, especialmente el subsector A*2*. Si se mantienen las compuertas cerradas y se llena de agua, el subsector A*2* sólo es capaz de retener el agua durante 1.5 h, y el A1 la mantiene durante 2-3 días.

A continuación, el agua pasa a los subsectores *B21, B31* y *B41*. Cada una de estas celdas tiene tres compuertas de tajadera que conectan con el canal de reparto del sector *A*. La entrada del agua al sector *B1* se produce a través de una tubería que lo conecta con *B21* (Ø de 1000 mm) y la salida mediante una tubería que lo conecta con *B22*.

Las celdas *B1, B21, B31* y *B41* están hidráulicamente conectadas mediante una tubería de 1000 mm de diámetro. Así mismo, también están conectadas las celdas *B21-B22*, *B31-B32-B33* y *B41-B42-B43* mediante tuberías de 300 mm de diámetro. Cabe destacar que todas estas tuberías carecen de compuertas, es decir, siempre permanecen abiertas.

A la salida de cada subsector *B22, B33* y *B43* existen tres compuertas de tajadera que comunican con el sector *C*.

Desde el sector *C* el agua es bombeada a l´*Estany de la Plana*. La laguna también dispone de una serie de compuertas situadas a distintas alturas que permiten el vaciado por gravedad, si el nivel dentro de la laguna es mayor que en l´*Estany de la Plana*.

Existe la posibilidad de ingresar agua directamente desde el canal de reparto del sector *A* al subsector *B1*. Sin embargo, esta conexión suele permanecer cerrada.

La arqueta de reparto situada en la cabecera del sistema también permite el ingreso del agua directamente al sector *B*, subsector *B31*. Si se está recirculando agua desde el sector *C*, ésta puede dirigirse al sector *A* o *B*, pero si el agua a tratar proviene de l´*Estany de la Plana* siempre se bombea al sector *A.*

5.3.1.- Instalaciones de bombeo de entrada.

La llegada del agua al *Tancat de l´Illa*, independientemente de cual sea su origen, se produce en el extremo noreste del mismo. El agua a tratar es dirigida a la cabecera del *Tancat* mediante un sistema hidráulico formado por una tubería tipo “T” y un conjunto de válvulas de no retorno.

El agua procedente de la EDAR de Sueca no necesita bombeo de entrada, ya que llega a presión. El caudal de entrada será el que suministre la depuradora, siendo el caudal de diseño de 210.1 L/s.

El agua recirculada y el agua de l´*Estany* deben ser bombeadas por las propias instalaciones del sistema.

El *Tancat* cuenta con un único sistema de bombeo, cuyo diseño permite adaptar el conjunto de válvulas según las necesidades, permitiendo:

- Bombear agua desde l´*Estany de la Plana* a la cabecera del sistema.
- Recircular agua desde el sector *C*.
- Evacuar agua desde el sector *C* a l´*Estany de la Plana*.

El sistema de bombeo está formado por tres bombas, las cuales pueden trabajar a una potencia variable de 20-50 Hz. El caudal mínimo que puede suministrar una bomba es de 200 m^3/h (55.6 L/s) y el máximo de 500 m^3/h (138.9 L/s). Sin embargo, en el sector *A* no es posible tratar más de 750 m^3/h (208.3 L/s), ya que se supera su capacidad de tratamiento y se desborda. Si el influente se introduce directamente en el subsector *B31*, el caudal de entrada puede ser superior a este valor. Por otra parte, el caudal máximo suministrable desde l´*Estany* está restringido a 500 m^3/h, limitado por la propia hidrodinámica del lago.

A continuación se recogen los caudales mínimos y máximos en función de su origen:

Tabla 12. Caudales mínimos y máximos de entrada al *Tancat de l´Illa*.

Origen del agua	Caudal mínimo (m^3/h)	Caudal máximo (m^3/h)
EDAR de Sueca	El suministrado por la propia EDAR.	- Entrada a sector *A*: 750 - Entrada a sector *B*: máximo suministrado desde la EDAR.
Estany de la Plana	200	500
Recirculación	200	- Entrada a sector *A*: 750 - Entrada a sector *B*: máximo suministrable por las bombas.

5.3.2.- Instalaciones de bombeo de salida.

El bombeo de agua de salida se realiza de forma discontinua. Cuando el sistema de bombeo es utilizado para evacuar agua del sector *C* puede funcionar en modo automático. Así, permite establecer un nivel de consigna y mantenerlo mediante el bombeo del caudal requerido. Tal como se ha comentado, es posible la salida del agua por gravedad desde el sector *C* al *Estany de la Plana*, siempre que el nivel de la lámina de agua en éste sea inferior.

Tal como sucede en el *Tancat de Milia*, el punto de toma de agua en l´*Estany de la Plana* y el de retorno están muy próximos, y por lo tanto debe tenerse en cuenta a la hora de gestionar los caudales a tratar.

5.3.3.- Puesta en marcha.

La puesta en marcha se realizó de manera paulatina desde el mes de julio de 2011. Debido a que el *Tancat* aún no disponía de energía eléctrica procedente de la red general de suministro, se empleaba un grupo electrógeno para alimentar las bombas. La conexión a la red de suministro eléctrico se hizo efectiva en agosto de 2011, momento en el cual se procedió a la calibración de la instrumentación del control de calidad de aguas, la conexión de las bombas de toma de muestras y la comunicación con el SCADA de la EDAR de Sueca.

Hasta el momento de redacción de este informe, el tratamiento terciario de la EDAR de Sueca no ha funcionado de manera permanente, sino que ha permanecido fuera de uso la mayor parte del tiempo. Por lo tanto, el agua de entrada al *Tancat de Milia* proviene en su mayoría de l´*Estany de la Plana* (Figura 32).

El funcionamiento hidráulico del sistema ha sido discontinuo, es decir, ha funcionado mediante ciclos de llenado y reposo, con un caudal muy bajo, limitándose al riego y mantenimiento de la vegetación existente. Estos ciclos se han repetido diariamente durante los meses de verano y con una frecuencia menor durante los meses de invierno.

Por lo tanto, este período inicial de funcionamiento no puede considerarse como un funcionamiento normal del humedal artificial, y la interpretación de los resultados obtenidos debe ser cautelosa.

El volumen tratado durante los meses de que se dispone de información (julio-diciembre de 2011 y abril de 2013), ha sido de 282301.3 m^3 con un caudal medio de entrada de 1344 m^3/d (15.6 L/s), lo que supone el 7% del caudal de diseño.

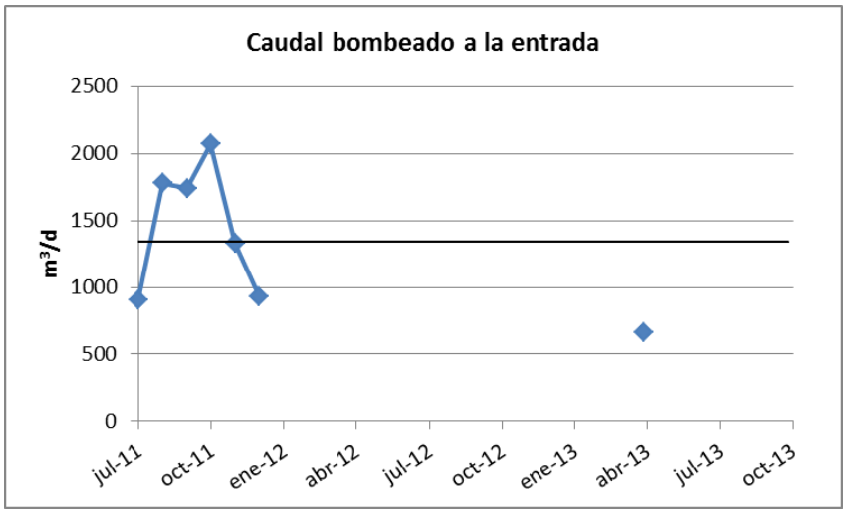

Figura 31. Evolución del caudal total bombeado a la entrada del sistema, incluyendo el caudal recirculado, en el *Tancat de L´Illa*.

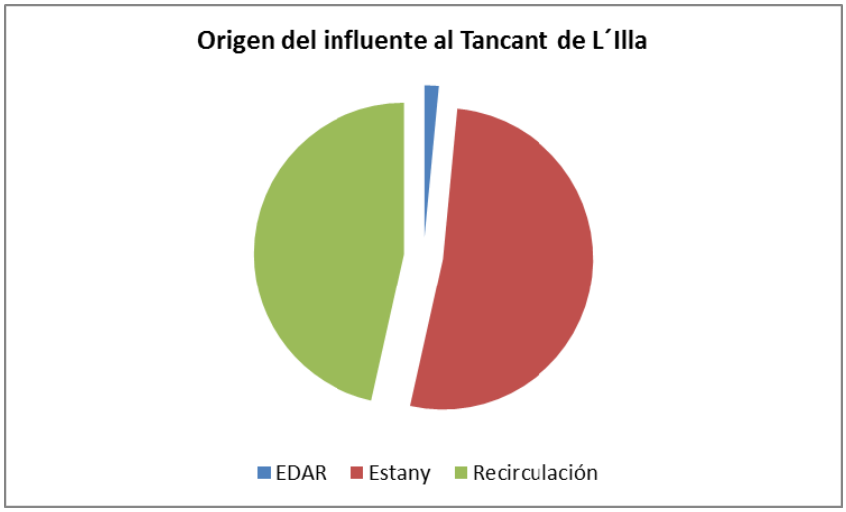

Figura 32. Procedencia del caudal bombeado a la entrada del sistema en el *Tancat de L´Illa*.

El tiempo medio diario de funcionamiento del bombeo de entrada ha sido de 2 h, aproximadamente.

Conviene destacar la situación singular que se produce durante los meses de octubre. En esta época se inicia la inundación de los campos de arroz colindantes al *Tancat* y la calidad del agua de l´*Estany* es muy mala. Por este motivo, durante este mes no se introduce agua desde l´*Estany* y únicamente se ha recirculado puntualmente agua desde el sector *C*.

El volumen de efluente bombeado durante el periodo con información disponible ha sido 38966.3 m^3, lo que supone el 14% del agua de entrada. Solamente se ha extraído agua del sistema en episodios de lluvia intensa o cuando ha sido necesario vaciar el sistema para realizar labores de siega.

Los valores hidráulicos de funcionamiento se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 13. Parámetros hidráulicos de funcionamiento del *Tancat de L´Illa*.

	Total (media ± desv. est.)	
Horas diarias de bombeo en el FV	2.2 ± 2.3 h/d	
Volumen total de agua tratado	282301.3 m^3	
Caudal medio de entrada	1344.3 ± 534.2 m^3/d	15.56 ± 6.18 L/s
Caudal influente desde EDAR	20.4 ± 31.2 m^3/d	0.24 ± 0.36 L/s
Caudal influente desde l´*Estany*	698.8 ± 714.1 m^3/d	8.09 ± 8.27 L/s
Caudal recirculado	625.1 ± 713.5 m^3/d	7.23 ± 8.26 L/s
Carga superficial de entrada (a los sectores *A* + *B*)	0.012 ± 0.005 m^3/m^2/d	

5.4.- Calidad de aguas.

Al igual que en el *Tancat de Milia*, el objetivo del sistema, en cuanto a calidad de aguas se refiere, es la obtención de un efluente con una concentración de fósforo total inferior a 0.1 mg P/L.

La caracterización exigida en el agua procedente del tratamiento terciario de la EDAR de Sueca es la siguiente:

Tabla 14. Caracterización a cumplir por el efluente terciario de la EDAR de Sueca.

Sólidos suspendidos totales	mg/L	5
DBO_5	mg/L	10
Fósforo total	mg P/L	0.35
Turbidez	NTU	2

La concentración influente de fósforo desde la EDAR estaría muy próxima a la de fondo y no cabe esperar rendimientos elevados de eliminación de fósforo total.

La información disponible sobre la calidad del agua de l´*Estany de la Plana* se limita a la contenida en los informes de la Confederación Hidrográfica del Júcar, dentro de la red de control biológico. En el último informe (junio de 2010) sus aguas presentaban una conductividad de 3400 µS/cm en la capa superficial, alcanzando los 24400 µS/cm en la lámina de agua más profunda. La concentración de fósforo total era de 0.095 mg P/L y la de clorofila *a* de 8 µg/L. La turbidez presentaba un valor de 50 NTU.

Respecto al control físico-químico del agua, desde octubre de 2011 se cuenta con el funcionamiento de cinco sondas multiparamétricas (Figura 33) conectadas a un autoanalizador de fosfatos. Toda esta instrumentación se ubica en el edificio de control del *Tancat*, si bien cada sonda está conectada a una bomba que impulsa el agua desde el punto a analizar hasta dicho edificio. El agua se bombea con una frecuencia de 45 minutos, durante un tiempo de 4 minutos.

Los puntos de control son: la entrada de agua al sector *A*, las tres salidas del sector *B* (*B22, B33* y *B43*) y por último la salida del sector *C*.

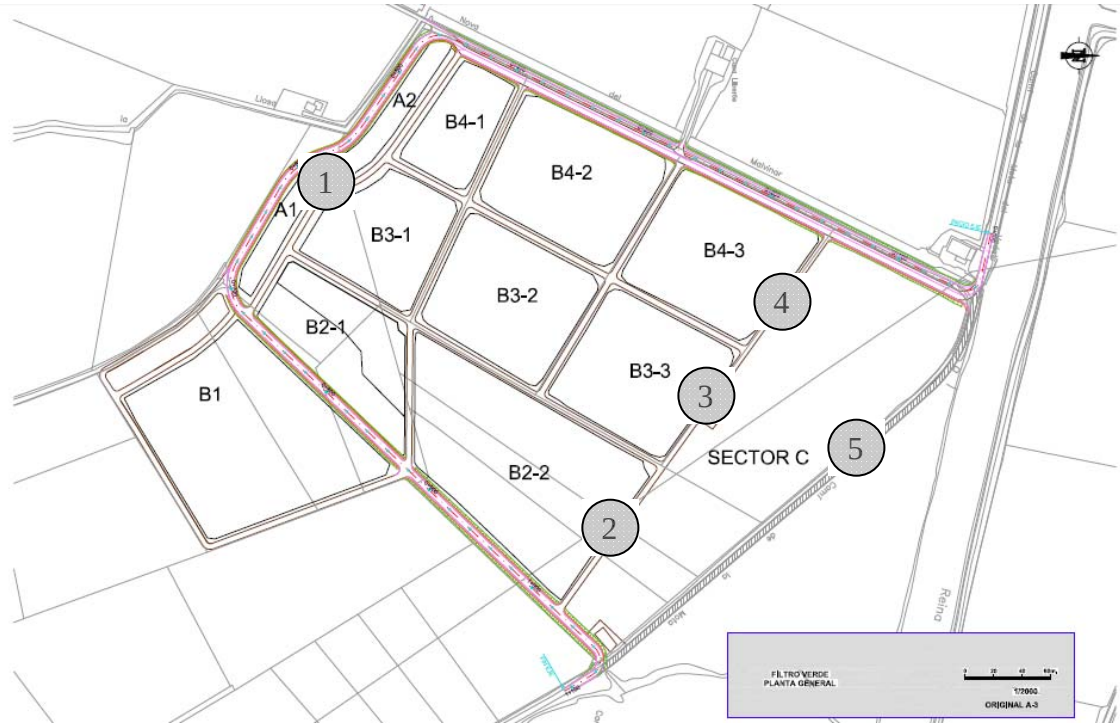

Figura 33. Localización de los puntos de control de la calidad del agua.

Los parámetros analizados son:

- Conductividad (µS/cm)
- pH
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Temperatura (ºC)
- Turbidez (NFU)
- Amonio (mg N/L)
- Fosfatos (mg P/L)

La sonda número 5 solamente mide fosfatos.

El autoanalizador de fosfatos actúa analizando cada 10 minutos una muestra procedente de un punto distinto. También puede funcionar manualmente analizando en un momento determinado el agua de un punto en concreto.

Toda la información recogida mediante las sondas multiparamétricas, así como el estado de los bombeos y cualquier otra señal de alarma, se envía por control remoto a la EDAR de Sueca, donde queda registrada. Adicionalmente, el operario del *Tancat* realiza dos lecturas diarias de cada uno de estos parámetros.

Los resultados disponibles son los pertenecientes a los meses de noviembre y diciembre de 2012, y abril de 2013.

En cuanto a conductividad, sólo se dispone de los datos de abril de 2013, que oscilan entre los 4000 y 5000 µS/cm. Se trata de valores muy elevados debidos al alto tiempo de retención hidráulica del sistema, ocasionado por la constante recirculación del efluente.

El oxígeno disuelto es mayor en los sectores donde hay más vegetación, más fauna, más agitación y más movimiento del agua, es decir, en los sectores *B22* (5.98 mg/L) y *B33* (5.22 mg/L). Así mismo, este mayor movimiento del agua conlleva mayor turbidez en estos subsectores, con valores que oscilan entre 15-45 NFU. En los sectores con poca cobertura vegetal y menor actividad de la fauna (*B4* y *C*) la turbidez se sitúa en 3 NFU. En los casos en los que el sistema funciona sin entrada de agua del exterior, solamente con recirculación, se alcanzan valores mínimos en los sectores *B4* y *C* de 1.1 NFU.

La concentración de fosfatos en el agua de entrada depende del origen de la misma. El agua procedente de la EDAR tiene una concentración media de 2.54 mg P/L, con valores mínimos y máximos de 1.30 y 4.07 mg P/L, respectivamente. Por lo tanto, durante este período el agua que llega desde la EDAR de Sueca no cumple con la concentración de fósforo total inferior a 0.35 mg P/L. El agua bombeada desde l´*Estany* presenta una concentración media de fosfatos de 0.10 mg P/L, con valores mínimos de 0.07 mg P/L y máximos de 0.14 mg P/L. La recirculación del agua a través del sistema permite alcanzar concentraciones de fosfatos de 0.01-0.03 mg P/L.

Los únicos valores disponibles de amonio son los de abril de 2013, y en ellos su concentración varía entre 1.70 y 2.30 mg N/L, siendo valores muy elevados para este tipo de aguas.

5.5.- Gestión de la vegetación.

- Vegetación emergente en los humedales artificiales.
  Los sectores *A* y *B* se plantaron en octubre de 2010 con enea (*Typha sp.*) y carrizo (*Phragmites sp.*). Su evolución dentro de cada sector ha sido muy distinta, y se detalla a continuación:

- Sector *A*
  Se plantó con 2421 ejemplares de enea y 2011 ejemplares de carrizo, pero sólo el carrizo ha tenido un buen desarrollo.
  La vegetación de este sector se siega durante los meses de otoño de cada año. La primera siega se realizó en noviembre de 2011. Se segó de forma manual con

máquinas desbrozadoras y la biomasa se recogió también de forma manual. Debido al crecimiento de otras plantas distintas de la enea y el carrizo no fue posible empacar la biomasa y se depositó en un lateral de la era de secado. En otoño del año 2012 se realizó la siega de la vegetación y la biomasa se trituró y se depositó en el lecho del humedal, sin ser retirada. En la actualidad, la vegetación predominante en el sector *A* es el carrizo.

- Sector *B*

En un principio, este sector se había concebido para que hubiesen distintas combinaciones de especies vegetales, plantando algunas celdas con enea, otras con carrizo y otras con ambas especies. La distribución original de vegetación fue la siguiente:

  - Enea: subsectores *B1, B21* y *B22*.
  - Carrizo: subsectores *B41, B42* y *B43*.
  - Mixto (enea y carrizo): subsectores *B31, B32* y *B33*.

El número de unidades plantadas fue 16780 ejemplares de enea y 7281 ejemplares de carrizo.

Sin embargo, esta situación inicial cambió con el tiempo, pues el crecimiento del carrizo fue más lento y limitado y la enea fue invadiendo las nueve celdas del sector *B*. En la primavera del año 2012 se decidió plantar con enea los subsectores *B41*, *B42* y *B43*.

En la gestión de la vegetación del sector *B* se incluye la siega de algunas celdas, concretamente de las celdas *B21* y *B42*.

La celda *B21* se segó a finales de octubre de 2011, con un nivel de agua bajo (10 cm, aprox.), utilizando una máquina desbrozadora manual. Posteriormente se inundó la celda para recoger la poda por flotación, con ayuda de una barca (Figura 34). Finalmente la biomasa fue acopiada en los caminos de zahorra para su secado y empacado. Los rendimientos obtenidos durante el proceso de siega fueron muy bajos, por lo que se concluyó que este método de siega en húmedo no resultaba apropiado para la siega de las celdas del sector *B*.

Figura 34. Recogida con barca de la biomasa cosechada en el sector *B21* (octubre de 2011).

La celda *B42* se segó durante el otoño-invierno del año 2012 y se replantó a finales de mayo de 2013 con las eneas que se retiraron del sector *C*.

La vegetación de las dos celdas segadas ha rebrotado con fuerza y las eneas presentan un buen estado vegetativo.

En las celdas *B21, B31* y *B41* se observan algunas zonas con una baja densidad de vegetación (calvas), sobretodo en la zona de entrada de agua desde el sector *A*.

En abril de 2013 se realiza una replantación de los sectores *B41, B42* y *B43* con enea procedente de los canales de recogida de agua y también del sector *C*.

- Sector *C*

  Por definición, la laguna debe permanecer exenta de vegetación emergente. Por ello, cada mes de abril se realiza un mantenimiento para arrancar las posibles plantas que hayan enraizado en los márgenes, principalmente eneas. Para ello resulta necesario disminuir el nivel de la lámina de agua. Como se ha indicado, estas eneas se han utilizado en la replantación de las celdas del sector *B*.

- Vegetación sumergida.

  El sector *C* se plantó con vegetación sumergida contenida en cajas. La vegetación inició su crecimiento pero posteriormente desapareció, posiblemente por la alta presencia de peces herbívoros en el sector *C*.

  La ictiofauna del sector *C* es la típica del lago de L´*Albufera* (carpas, llisas, etc.).

- Vegetación perimetral.

  En los taludes del humedal artificial se han plantado:

  2569 unidades de *Iris pseudacorus*
  2100 unidades de *Scirpus holoschoenus*
  1740 unidades de *Lithium salicaria*
  1000 unidades de *Hydrocotyle vulgaris*
  790 unidades de *Scirpus maritimus*
  300 unidades de *Juncus subnodulosus*
  260 unidades de *Sparganium erectum*
  250 unidades de *Scirpus tabernaemontani*
  200 unidades de *Kosteletzkya pentacarpos*
  156 unidades de *Cladium mariscus*
  75 unidades de *Scutellaria galericulata*

  Entre el sector *C* y l'*Estany de la Plana* se han plantado los siguientes árboles:

  5 ejemplares *Fraxinus angustifolia*
  5 ejemplares *Salix alba*
  5 ejemplares *Salix atrocinerea*
  5 ejemplares *Salix elaeagnos*

Repartidos en los taludes del humedal artificial se han plantado 400 ejemplares *de Tamarix gallica.*
Todas las especies se han desarrollado de forma satisfactoria, excepto la *Scutellaria galericulata* que además tiene un seguimiento especial por parte de los técnicos del parque natural de L´*Albufera*.

De forma espontánea, los canales de reparto y recogida del sector *A*, el canal de recogida del sector *C* y los caminos internos y perimetrales, son invadidos por la vegetación propia de la zona. Esta vegetación ha sido retirada de forma continua.

En octubre de 2011 se detectó la presencia de la especie *Kostelezkya pentacarpos*, catalogada como especie vulnerable según el Decreto 70/2009 de 22 de mayo del Consell, que ha crecido de forma natural en el borde del antiguo Camí de la Mota, delante del edificio del humedal artificial. Con el objetivo de densificar la vegetación de los taludes, en noviembre de 2011 se plantaron 200 unidades de esta especie en cuatro zonas delimitadas entre los sectores *B* y *C*. Esta acción fue posible gracias a un acuerdo con la Consellería de Medio Ambiente.

5.6.- Gestión de la avifauna.

- Evolución de la avifauna

El *Tancat de l'Illa* cuenta con un observatorio de aves ubicado entre los sectores *B* y *C*, enfocado para la observación en el sector *C*.

A diferencia de los otros dos *tancats* no se ha llevado a cabo un seguimiento específico de la avifauna presente, por lo que únicamente se cuenta con observaciones puntuales realizadas por el personal de mantenimiento del sistema. El único censo de avifauna reproductora se ha realizado en 2013, en el cual, sin ser exhaustivos, destacan la reproducción de 5 parejas de garza imperial (recogida en el Catálogo Valenciano de Fauna Amenazada), además de avetorillo (5 parejas), somormujo lavanco (1 pareja), focha (3 parejas) y calamón (15 parejas), entre otras especies. Es igualmente destacable la presencia de avetoro durante la invernada de 2012-2013.

5.7.- Observaciones de interés

Durante el período en el que el *Tancat de l´Illa* ha estado funcionando, se han realizado algunas observaciones que pueden resultar de interés:

1. Resulta destacable, dentro del funcionamiento hidráulico del sistema, las infiltraciones que se producen durante la época en la que los campos colindantes al *Tancat* están

inundados. Se observa un aumento apreciable de los niveles en los sectores *B* y *C* durante este período.

2. Las infiltraciones desde los campos colindantes pueden dificultar la siega en seco del sector *B*.
3. En la última siega del sector *A* se trituró la vegetación y los restos se dejaron sobre el propio lecho filtrante. Esta gestión puede dar lugar a un aporte de materia orgánica y nutrientes producido por la biodegradación de los restos de poda.
4. Tal como se ha indicado, las celdas *B21, B31* y *B41* presentan calvas de vegetación en la zona más cercana a la entrada del agua. Este decaimiento de la vegetación coincidió con elevados caudales de entrada a dichas celdas. Por lo tanto, es posible que exista una conexión entre estos dos factores, de modo que una alta velocidad de circulación del agua perjudique el estado vegetativo de la enea.
5. Dentro del *Tancat* existe una línea aérea de media tensión que se sitúa sobre el sector *C*, en dirección sureste-noroeste, con dos postes situados dentro de la laguna. Es posible que esta línea eléctrica influya en el comportamiento de la avifauna.
6. El cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) ha estado presente de forma continua en el *Tancat*, agujereando los terraplenes y ocasionando problemas en la impermeabilización de las celdas. Los mayores desperfectos se detectaron en el terraplén entre los sectores *A2* y *B41*, el cual tuvo que ser retaluzado. El terraplén exterior del sector *B1* también fue dañado por el cangrejo rojo.

6.- Resumen.

Los tres humedales artificiales que constituyen los espacios en donde se está desarrollando el proyecto LIFE+ ALBUFERA comparten muchos rasgos comunes, pero también algunas diferencias que van a ser determinantes a la hora de definir la gestión de cada uno de ellos en el marco del proyecto. Del estudio previo realizado sobre la evolución de estos espacios se puede resumir lo siguiente:

Con relación a la sectorización de los H. A.:

- Los tres sistemas de humedales artificiales disponen de sectores de flujo superficial (sector tipo B) y lagunas (sector tipo C), pero únicamente *Milia* e *Illa* disponen de sector de flujo subsuperficial (sector tipo A).
- El sector subsuperficial (tipo A) del sistema *Illa* presenta una superficie muy pequeña con respecto al caudal mínimo con el que se puede alimentar, pudiéndose prescindir de él alimentando directamente el sector B, con lo que se dispondría de una tipología similar a la del *Tancat de la Pipa*.

En cuanto a la hidráulica de los H. A.:

- Los humedales de *Milia* y *l'Illa* están diseñados para tratar agua procedente bien de las EDAR de Albufera Sur y Sueca respectivamente, bien del lago de *l'Albufera*. Sin embargo, actualmente el escenario más probable es el de la alimentación con aguas de *l'Albufera*.
- Mientras que en el *Tancat de la Pipa* el agua entra por gravedad y únicamente se emplea el bombeo para expulsarla al lago, en el *Tancat de Milia* se requiere bombeo tanto para la alimentación del humedal como para la evacuación. En el *Tancat de l'Illa* el agua del lago debe ser bombeada para la alimentación, mientras que la evacuación puede realizarse bien por gravedad bien mediante bombeo.
- La capacidad operativa de bombeo de alimentación en los *Tancats de Milia* e *Illa* es muy elevada con respecto a la capacidad hidráulica de los sectores subsuperficiales, por lo que no es posible hacer entrar el agua de forma continua. Por tanto, la alimentación a los sectores superficiales se encuentra limitada por la capacidad de tratamiento de los sectores previos (subsuperficiales).
- El caudal medio tratado en el *Tancat de la Pipa* desde abril de 2009 hasta julio de 2012 ha sido de unos 90 L/s, lo que supone un total de 9 Hm^3 y una media anual de 2.8 Hm^3/año. A partir de los datos de funcionamiento en este *Tancat*, un valor orientativo de la carga hidráulica en los humedales artificiales de flujo superficial sería unos 0.08 m^3/m^2 d.
- A partir de la información de que se dispone de los *Tancats de Milia* y *l'Illa* no se puede establecer un valor de carga hidráulica típico para el sector humedal subsuperficial.
- El *Tancat de l'Illa* ha estado funcionando en modo "recirculación", las entradas de agua desde *l'Albufera* han servido para reponer las pérdidas por evapotranspiración,

pero no se ha devuelto al lago ningún volumen tratado, por lo que se puede afirmar que su efecto sobre la calidad de las aguas de *l'Albufera* ha sido nulo.

Respecto a la calidad del agua:

- En el *Tancat de la Pipa* se han obtenido buenos rendimientos tanto en el sector B (flujo superficial) como en el *C* (lagunas), con rendimientos de eliminación medios del 50% para nitrógeno y fósforo totales.
- En los *Tancats de Milia* e *Illa*, no existe información elaborada sobre rendimientos de eliminación y la información disponible presenta ciertas limitaciones de cara a cuantificar dichos rendimientos.
- A partir de la información disponible en *Milia*, sí que se puede advertir el interés de aprovechar las capacidades de depuración del sector tipo *A* (subsuperficial), cuyos resultados hasta ahora han sido satisfactorios especialmente en la mejora de la transparencia del agua.

Sobre la vegetación y su gestión:

- La vegetación de más rápida adaptación y crecimiento ha sido la enea. Allí donde el calamón (*Porphyrio porphyrio*), su principal depredador, no ha podido acceder se ha desarrollado vigorosamente alcanzando densidades elevadas.
- En este sentido, el calado de los humedales superficiales es determinante en la influencia del calamón. Se ha constatado que en el Tancat de l'Illa, donde las celdas superficiales disponen de calados mayores de 50 cm, aun siendo importante la presencia del calamón, su efecto de depredación ha sido limitado. Al contrario de lo que sucede en los otros *Tancats*, con calados entre 10 y 30 cm, en los cuales la depredación ha tenido un efecto muy negativo sobre la enea.
- El carrizo se desarrolla bien sobre los sustratos de los humedales subsuperficiales, mientras que lo hace más lentamente en los humedales de flujo superficial, siendo las matas vigorosas pero con una expansión muy limitada.
- El lirio crece lentamente pero se adapta muy bien a los humedales superficiales. En estado maduro presenta altas tasas de rebrote, por lo que representa una especie con un potencial interesante en este tipo de humedales.
- La vegetación sumergida introducida en las lagunas de los *Tancats de la Pipa* y de *l'Illa* inició su crecimiento adecuadamente pero posteriormente la población se ha visto menguada debido a una fuerte presión de herbivorismo.
- Respecto a la siega de la vegetación, se debe realizar con la intensidad y en los momentos adecuados para no influir negativamente sobre la avifauna.
- En el *Tancat de la Pipa* se ha podido constatar que la vegetación ejerce un papel importante sobre el funcionamiento del sistema. Entre sus funciones más importantes se encuentran la asimilación de nutrientes, la reducción de la velocidad del viento, reduciendo así la resuspensión de material sedimentado, o la atenuación lumínica, que reduce el crecimiento del fitoplancton. Por tanto, llevar a cabo una adecuada gestión de la vegetación es fundamental para optimizar el funcionamiento de los humedales artificiales.

Con relación a la fauna y su gestión:

- En los *Tancats* en los que se ha llevado a cabo un seguimiento específico de avifauna (*Pipa* y *Milia*) se han documentado una biodiversidad y riqueza específica elevadas. Así, algunas especies con estrictos requerimientos ambientales, que habían visto reducido su hábitat de nidificación en el lago de *l'Albufera*, han encontrado un ambiente adecuado en los *Tancats*, haciéndose patente la funcionalidad de cada uno de los ambientes creados en éstos.
- Cabe destacar aspectos como que en el transcurso de dos temporadas desde la creación del *Tancat de la Pipa*, la comunidad de aves paseriformes ha experimentado una evolución hacia una comunidad más madura, estructurada y diversa, con menor predominancia de especies generalistas y observación de más especies nidificantes y de mayor valor conservacionista. De hecho, el *Tancat* ha acogido especies catalogadas como "En Peligro Crítico" y "Vulnerable" en el Libro Rojo de las Aves de España.
- Por otro lado, en el *Tancat de la Pipa* se ha constatado que un adecuado control de la ictiofauna en el sector *C* (lagunas) favorece el desarrollo de la vegetación sumergida, lo que a su vez repercute positivamente sobre el rendimiento de eliminación de nutrientes en este sector.

7.- Bibliografía.

Para la redacción de este informe se han consultado las siguientes fuentes de información:

- *Tancat de la Pipa*
  - Memoria de investigación *Tancat de la Pipa*. Confederación Hidrográfica del Júcar. Periodo 2009-2011.
  - Trabajos de control del sistema de Filtros Verdes. *Tancat de la Pipa*. IIAMA. Junio 2010.
  - Trabajos de control del sistema de Filtros Verdes. *Tancat de la Pipa*. IIAMA. Julio 2011.
  - Trabajos de control del sistema de Filtros Verdes. *Tancat de la Pipa*. IIAMA. Febrero 2013.

- *Tancat de Milia*
  - Anteproyecto de construcción de reutilización de aguas residuales depuradas de *Albufera Sur*. Diciembre 2007.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Primer informe. Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Diciembre 2011.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Segundo informe. Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Marzo 2012.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Tercer informe. Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Junio 2012.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Cuarto informe. Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Septiembre 2012.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Primer informe (2º año). Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Noviembre 2012.
  - Caracterización de los suelos, la biomasa y la calidad de las aguas del Filtro Verde del *Tancat de Milia*. Tercer informe (2º año). Departamento de producción Vegetal de la Universitat Politècnica de València. Junio 2013.
  - Estudio de avifauna de la reserva natural del *Tancat de Milia*. 2011-2012. Grupo ornitológico GOTUR.

- Tancat de l´Illa
  - Proyecto de construcción de ampliación de la capacidad de depuración de agua en Sueca y reutilización de las aguas residuales de la E.D.A.R. de Sueca. Mayo 2008.
  - Trabajos previos a la explotación. Filtro Verde. Informe mensual inicial. Julio-diciembre. UTE Filtro Verde Sueca. ACUAMED.
  - Trabajos previos a la explotación. Filtro Verde. Informe mensual. Abril 2013. UTE Filtro Verde Sueca. ACUAMED.
  - Red biológica de l´*Albufera* de Valencia. *Estany de la Plana.* Campaña de verano 2010. Confederación Hidrográfica del Júcar. Junio 2010.

El trabajo se ha completado con consultas directas al personal de gestión de cada espacio y con visitas *in situ* a los *tancats*.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de ubicación del Tancat de la Pipa. 3
Tabla 2. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del Tancat de la Pipa. 5
Tabla 3. Parámetros hidráulicos de funcionamiento del sector B del Tancat de la Pipa. 9
Tabla 4. Objetivos de calidad en el efluente del Tancat de la Pipa. 9
Tabla 5. Especies vegetales y densidades de vegetación inicialmente plantadas en el Tancat de la Pipa. 14
Tabla 6. Coordenadas UTM de ubicación del Tancat de Milia. 25
Tabla 7. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del Tancat de Milia. 27
Tabla 8. Caracterización a cumplir por el efluente terciario de la EDAR Albufera Sur. 31
Tabla 9. Caracterización del agua de l´Albufera en la zona de toma de agua. 31
Tabla 10. Coordenadas UTM de ubicación del Tancat de L´Illa. 39
Tabla 11. Caracterización de los sectores, subsectores y celdas del Tancat de L´Illa. 41
Tabla 12. Caudales mínimos y máximos de entrada al Tancat de l´Illa. 43
Tabla 13. Parámetros hidráulicos de funcionamiento del Tancat de L´Illa. 45
Tabla 14. Caracterización a cumplir por el efluente terciario de la EDAR de Sueca. 45
Tabla 15. Observaciones singulares de avifauna en el Tancat de L´Illa. ***¡Error! Marcador no definido.***

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de situación del Tancat de la Pipa. Fuente: Google Earth. 3
Figura 2. Esquema de sectorización del Tancat de la Pipa. 4
Figura 3. Flujo del agua a través del sector B y sistema de compuertas existente. 6
Figura 4. Detalle de las compuertas de entrada al sector B (izquierda) y de las compuertas de tajadera (derecha). 6
Figura 5. Detalle del vertedero triangular en la entrada desde el Barranco del Poyo. 7
Figura 6. Caudales (L/s) y cargas hidráulicas ($m^3/m^2/d$) medias de entrada al sector B del Tancat de la Pipa. 8
Figura 7. Caudales de entrada a los subsistemas FG, fp y F4 del sector B. 8
Figura 8. Localización de los puntos de muestreo en el Tancat de la Pipa. Los puntos del 11 al 14 sólo se muestrearon hasta julio de 2011. Las entradas y salidas del sector C se empezaron a muestrear en abril de 2010. 10
Figura 9. Evolución temporal de las concentraciones de PT, NT y SS, respectivamente, en las entradas del sistema (promedio entre BP y APC) y las salidas del sector C (salida laguna educativa, SLE, y salida laguna reserva, SLR). 12
Figura 10. Imagen aérea realizada en octubre de 2010. En ella se aprecia el estado de la vegetación en el Tancat de la Pipa. 15
Figura 11. Vista de la celda fp2 en abril de 2011. Detalle de la superficie aislada para observar la influencia del calamón. 16
Figura 12. Estado de la vegetación en celda fp1 antes (izquierda) y después (derecha) del secado de fp, en primavera de 2012. 16
Figura 13. Detalle de la laguna de reserva en abril de 2013, donde se aprecia la presencia de vegetación sumergida. 18
Figura 14: Abundancias relativas de especies de fauna acuáticas del Tancat de la Pipa. Datos obtenidos mediante pesca por trampeo (nasas anguileras). 19
Figura 15. Número de parejas reproductoras detectadas en las lagunas, clasificadas como generalistas o especialistas según sus requerimientos de hábitat. 22
Figura 16. Riqueza específica (número de especies) de las capturas mensuales realizadas en la EEC. 22
Figura 17. Diversidad del total de capturas realizadas (índice de Shannon) del total de capturas realizadas cada mes en la EEC. 23
Figura 18. Campaña de iniciación al anillamiento científico (izquierda) y visita dentro del marco del Projecte EMYS (derecha), en 2011. 24
Figura 19. Mapa de situación del Tancat de Milia. Fuente: Google Earth. 25
Figura 20. Esquema de sectorización del Tancat de Milia. 26
Figura 21. Canal de distribución (izquierda) y de drenaje (derecha) del sector A. 28
Figura 22. Esquematización del flujo del agua en el Tancat de Milia. 29
Figura 23. Localización de los puntos de muestreo en el Tancat de Milia. 32
Figura 24. Vegetación plantada en cada sector del Tancat de Milia. 34
Figura 25. Detalle de la vegetación ladeada sobre el lecho de la celda B2O. 35
Figura 26. Valores del índice de diversidad de Shannon y el intervalo de confianza al 90%. 37
Figura 27. Evolución mensual de la abundancia y riqueza en la EEC. 38
Figura 28. Mapa de situación del Tancat de L´Illa. Fuente: Google Earth. 39
Figura 29. Detalle del canal de reparto en el subsector A2. 40
Figura 30. Esquema de sectorización del Tancat de L´Illa y del flujo del agua. 40
Figura 31. Evolución del caudal total bombeado a la entrada del sistema, incluyendo el caudal recirculado, en el Tancat de L´Illa. 44
Figura 32. Procedencia del caudal bombeado a la entrada del sistema en el Tancat de L´Illa. 44
Figura 33. Localización de los puntos de control de la calidad del agua. 46
Figura 34. Recogida con barca de la biomasa cosechada en el sector B21 (octubre de 2011). 48